

Какая химия должна изучаться в современной школе?

Г. В. Эрлих

ГЕНРИХ ВЛАДИМИРОВИЧ ЭРЛИХ — доктор химических наук, ведущий научный сотрудник МГУ им. М. В. Ломоносова. E-mail h-ehrllich@yandex.ru

Химическое образование в нашей стране находится в очевидном кризисе. Отчасти его проблемы обусловлены общим кризисом образования, которое на протяжении вот уже двадцати лет сотрясают непрерывные, непродуманные реформы, внешне кажущиеся как попытки пересадить на российскую почву западную систему и стандарты образования, а по сути представляющие собой целенаправленное движение в сторону всеобщего платного образования, превращения образования в платную услугу (с этой точки зрения проводимые реформы выглядят очень даже продуманными).

Другой корень проблем имеет не российское, а глобальное происхождение. Это — всеобщее падение интереса молодежи к естественным (техническим) дисциплинам [1]. Поразительно, но наиболее сильно эта тенденция выражена в высокоразвитых странах, таких как США и Япония. Современная американская молодежь отдает предпочтение гуманитарной сфере, а образовавшуюся нишу в исследовательских подразделениях и на производстве заполняют выходцы из Китая, Индии, стран бывшего СССР. Наиболее мотивированы к получению естественнонаучного образования школьники из африканских стран. Россия занимает промежуточное положение [2] в точном соответствии с уровнем технологического развития, тем не менее падение интереса к естественным дисциплинам налицо, что не может не вносить беспокойства.

Наиболее ярко эта проблема высветилась в ходе недавнего широкого общественного обсуждения очередной реформы нашего школьного образования, переводящей естественные науки в разряд необязательных для изучения предметов, предметов «по выбору». Справедливости ради заметим, что отношение общественности к этой реформе в целом отрицательное. Согласно опросу, проведенному ВЦИОМ 19—20 февраля 2011 г. [3], 61% опрошенных высказались за сохранение действующей сегодня системы образования, когда старшеклассники на базовом уровне осваивают основные 20 предметов. Показательно, что против реформы высказались в основном 25—44-летние (57%) россияне, наиболее активная часть населения, и жители средних городов (61%), оплот здравого смысла.

В то же время почти четверть опрошенных поддержала идею реформы, а в ходе обсуждения в Интернете в адрес химии было сказано много нелицеприятных слов. Лейтмотив этих высказываний: зачем я четыре года учил в школе химию, если она мне ни разу в жизни не понадобилась? Можно, конечно, просто отмахнуться от этих слов, как явно абсурдных. Однако следует честно признать, что приведенное высказывание отражает отрицательное отношение к химии значительной части общества.

В этом заключается еще одна, возможно, основная проблема современного химического образования. Оно вполне удовлетворяет в случае работы с одаренными детьми, существенно скромнее успехи в подготовке будущих кадров для науки и производства, что проявляется в неуклонном снижении среднего уровня знаний абитуриентов, поступающих в институты химического профиля. Подавляющее же большинство школьников приобретает если не отвращение, то стойкий иммунитет против химии, который сохраняется в их взрослой жизни.

У этого прискорбного явления множество причин. Часть их них лежит за рамками школы — в обществе, государстве, властных структурах и соответственно могут быть решены только на этом уровне. Например, необходим обязательный возврат в школы практики проведения лабораторных работ, которые еще в начале 1990-х годов были исключены де факто по экономическим причинам. Без практической работы с веществом пробудить интерес к химии невозможно.

Следующий узел проблем — хемофобия, активно насаждаемая и раздуваемая средствами массовой информации с апокалиптическими сюжетами и репортажами о катастрофах. При отсутствии позитивной информации у обывателя складывается впечатление о безусловной вредности, опасности и ненужности химии.

Но часть вины, и значительная часть, лежит на собственно школьном образовании. Если судить по результату, то учат не тому и не так. Попробуем разобраться, в чем тут дело и что можно предпринять, чтобы выправить ситуацию. Проблема эта многогранна, поэтому сосредоточимся только на одном аспекте — содержании школьного учебника по химии, учебника для общеобразова-

звательной *современной* школы. Попытаемся сформулировать требования к такому учебнику, перечислить темы, которые целесообразно осветить в нем, и обсудить способы подачи учебного материала. Начнем обсуждение с краеугольного вопроса о необходимости обучения химии в школе.

Зачем нужна химия в школе?

Этот вопрос можно и нужно сформулировать более широко как вопрос о цели образования вообще и химического образования в частности. Ответ на него далеко не однозначен, более того, некоторые авторы (см., например, [4]) полагают, что эта цель российским образованием утрачена, и объясняют этим хаотичность и непоследовательность проводимых реформ.

Действительно, вот далеко не исчерпывающий перечень декларируемых целей образования, разнородность которого только подчеркивает царящий в этой области педагогики хаос:

- 1) подготовка к будущей профессии, приобретение профессиональных знаний (умений);
- 2) подготовка к общественнополезному труду;
- 3) подготовка к будущей деятельности в обществе (причем деятельность может рассматриваться как функция индивидуума или в более широком плане — как функция общества в целом, при этом индивидуум только участвует в осуществлении, реализации этой деятельности [4]);
- 4) подготовка к взрослой самостоятельной жизни;
- 5) развитие личности, «создание» культурного человека, гармоничное развитие;
- 6) развитие умственных и творческих способностей.

Еще одна цель образования была озвучена после известных событий на Манежной площади, в которых приняло участие множество старшеклассников. Высказывается мнение: в школе учат не тому и слишком много, надо сократить время изучения предметов, а основное внимание уделить патриотическому и нравственному воспитанию. Все это можно было бы воспринять как курьез (перепутал человек образование с воспитанием), если бы оно не исходило из уст депутата Государственной думы.

Рассмотрим приведенные выше более внятные цели. Основная из них это развитие умственных способностей — тренировка памяти, обучение логике, умению устанавливать причинно-следственные связи, построению моделей, развитие абстрактного и пространственного мышления. Определяющую роль в этом становлении личности играют естественные науки, отражающие объективные законы развития природы. Химия с ее вариабельностью, множественностью путей направления химических реакций и разнообразием средств воздействия на систему занимает в ряду естественных наук особое, если не центральное место именно как инструмент развития умственных способностей. Может сложиться так, что человек в своей профессиональной дея-

тельности никогда не столкнется с химическими проблемами, но способность мыслить развивается, в частности, при изучении химии в школе, так что сугубо утилитарный подход (понадобится/не понадобится) здесь не проходит. Заметим, что сегодняшняя ситуация с химией весьма напоминает ситуацию с иностранными языками в прошлом. Подавляющей части населения СССР иностранный язык был совершенно ни к чему, а литература на иностранных языках исчерпывалась научными журналами для узкого круга специалистов. Тем не менее даже в разгар борьбы с космополитизмом и низкопоклонством перед Западом иностранный язык в школе преподавали, причем в объеме, превышающем сегодняшний курс химии. Объяснение этого парадокса чрезвычайно простое: изучение иностранных языков способствует развитию интеллекта в целом и памяти в частности, так что советская педагогика, отдадим ей должное, учитывала и опиралась на предшествующий опыт.

Но, повторимся, изучение одних только иностранных языков и других гуманитарных дисциплин недостаточно для формирования интеллекта современного человека. Четкое понимание того, как одни явления с неизбежностью порождают другие, составление плана действий, моделирование ситуаций и поиск оптимальных решений, умение предвидеть последствия предпринимаемых действий — всему этому можно научиться только на базе естественных наук. Эти знания и умения необходимы всем — от домохозяйки до крупного государственного чиновника.

К чему приводит отсутствие этих знаний и умений, мы постоянно наблюдаем на примере действий наших властей, почти сплошь — юристов, экономистов, государственных менеджеров. Как совместить призывы к инновациям в технологической сфере, углублению переработки сырья, внедрению энергосберегающих технологий и т.п. с курсом на тотальное сокращение естественнонаучных предметов в школе и технических специальностей в вузах? Непонятно. Впрочем, у властей есть готовый рецепт — информационные технологии (понимаемые, впрочем, весьма однобоко и утилитарно). Главным на их взгляд является улучшение связей между наукой и производством, PR достижений отечественной науки и подготовка специалистов в этой области. При этом они совершенно упускают из виду, что для реализации этой прекрасной схемы в первую очередь нужны наука и производство, во вторую очередь — кадры для науки и производства, в третью — система подготовки этих кадров.

Следующая важнейшая цель школьного образования — это подготовка к будущей взрослой жизни. Молодой человек должен войти в нее во всеоружии знаний о мире, что включает не только мир людей, но и мир вещей и окружающую природу. Знания о материальном мире дают естественные науки. Усиливающийся крен в сторону гуманитарных дисциплин приводит к тому, что молодые люди перестают понимать материальный мир

и, как следствие, начинают бояться его. Отсюда — побег от реальности в виртуальное пространство.

Большая часть людей живет все же в материальном мире, постоянно контактирует с различными веществами и материалами и даже подвергает их, часто неосознанно, различным химическим и физико-химическим превращениям. Знания, как обращаться с веществами, человек получает в школе на уроках химии. Он может забыть формулу серной кислоты, но обращаться с ней всю жизнь будет с осторожностью. Он не закурит на бензоколонке и вовсе не потому, что видел, как горит бензин. Просто в школе на уроке химии ему объяснили, что бензин имеет свойство испаряться, образовывать взрывоопасные смеси с воздухом и гореть.

Еще одна характерная примета нашего времени — разгул разного рода мракобесия, веры в сверхъестественное, в паранормальные явления, в астрологию, обилие магов, предсказателей, ворожей, «народных целителей» и т.п. Давно известно, что лучший способ борьбы с предрассудками — просвещение народа, в первую очередь естественнонаучное. Пренебрежение к естественным наукам с неизбежностью приводит к разгулу мракобесия, что мы наблюдаем воочию.

Эту проблему можно рассматривать и в более широком плане — как умение адекватно оценивать информацию. Если безоговорочно верить всему, что преподносят нам СМИ, то жить становится страшно. Тут просто жизненно необходимо уметь отличать мнимые опасности от истинных, руководствоваться здравым смыслом, который есть не что иное, как понимание сути вещей. А это понимание дают только естественные науки, усвоенные хотя бы на уровне базовых принципов.

Другой обширный массив информации — реклама, разного рода заманчивые предложения, сулящие решение всех ваших проблем без усилий с вашей стороны и со значительными скидками. Здесь тоже нужно обладать определенным запасом естественнонаучных знаний, чтобы не попасться на удочку мошенников и шарлатанов, тем более что они часто ссылаются на достижения современной науки и употребляют всякие звучные термины (матрица воздействия, волновой геном, ДНК-код, молекулярное распознавание, биоэнергетические поля и т.п.). Безоглядное следование рекламе и таким советам может нанести непоправимый вред здоровью.

Человеком, лишенным естественнонаучной базы образования, легче манипулировать как на бытовом, так и государственном уровне. Это в полной мере ощутили советские руководители — основная фронда в СССР исходила от представителей технической интеллигенции. Но КПСС была вынуждена плодить и размножать эту интеллигенцию, потому что без нее нельзя было добиться преимущества в военно-политическом противостоянии с Западом. У сегодняшней российской власти иные приоритеты и основная ставка во внутренней политике делается на манипулирование людьми. Может быть, именно в этом кроется одна из причин последовательного выдавливания естественных наук из школьно-

го курса? Если это так, то власти рискуют угодить в вырываемую ими яму. Толпу, послушно голосующую «за», более искусные манипуляторы могут заставить двинуться в противоположную сторону, что доказали, в частности, упомянутые выше события на Манежной площади в Москве. Если мы хотим, чтобы молодые люди вступали во взрослую жизнь без груза предрассудков (включая расовые и националистические), чтобы они могли адекватно оценивать пропаганду и делать осознанный выбор, чтобы они были *свободными* людьми, без естественных наук нам не обойтись.

Еще одна декларируемая цель образования — подготовка к будущей деятельности в обществе. Здесь, на первый взгляд, возможен утилитарный подход «понадобится/не понадобится». Собственно, именно его используют апологеты грядущей реформы: если школьник хочет в будущем стать модельером, финансовым директором или президентом страны, то зачем ему тратить время на физику, химию, биологию? Предоставим ему право самому выбирать, какие предметы изучать и в каком объеме в соответствии с его склонностями и способностями. Проблема в том, что школьники в 14 лет за редчайшим исключением сами не знают, чего они хотят, они подвержены влиянию друзей, СМИ, кумиров и семьи. В прежние времена выбор, чем заниматься после окончания школы, делался в выпускном классе (или после службы в армии). Сегодня момент истины отодвинулся еще на несколько лет, и многие начинают всерьез задумываться о том, где работать и чем заниматься, только после получения диплома о высшем образовании. Вот тогда они и делают выбор в соответствии со своими склонностями и способностями. Это одна из причин того, что значительная доля выпускников даже престижных вузов, получивших востребованную профессию, не идут работать по специальности.

Но все ли пути им открыты? Это зависит от того, какое образование они получили. «Естественник» может трансформироваться в любого специалиста, что мы наблюдали воочию во времена постперестроечного экономического коллапса, когда при закрытии институтов и предприятий научные сотрудники, инженеры и преподаватели технических вузов переквалифицировались в предпринимателей, биржевых брокеров, губернаторов, риэлторов, бухгалтеров, журналистов и работников автосервиса. Многие из них достигали успеха во вновь обретенной профессии, достаточно сказать, что большая часть российских олигархов имеет естественнонаучное или техническое образование. Заглядывая в более древние времена, вспомним, сколько великих русских писателей вышло из врачей. Обратный же переход представляется невозможным, гуманитарий не может превратиться в инженера или исследователя-экспериментатора.

Возможность и успешность кардинальной смены деятельности определяется особым складом мышления людей, получивших естественнонаучное образование, основы которого закладываются в школе. Предоставляя школьнику право «освободиться» от естественных наук,

сделав «демократический» выбор, идеологи реформы в реальности существенно ограничивают возможности выбора им будущей сферы деятельности. Это ущербный путь как с точки зрения обеспечения прав и свобод личности, так и с позиций государственной стратегии. Ведь предсказать, какие профессии будут наиболее востребованы через 20 лет, невозможно.

Рассмотренные цели образования носят общий характер и распространяются на всех или большую часть школьников. Цель подготовки к будущей профессии, приобретения профессиональных знаний (умений) более локальна, ведь работать в областях, непосредственно связанных, например, с химией, будет заведомо менее 10% нынешних школьников. Поэтому можно было бы поспорить с утверждением авторов [5], что «одна из главных задач химического образования — привлечение молодых людей к химии и создание им условий для продолжения образования в высшей школе», тем более что за отсутствием других перечисленных задач эта задача автоматически становится главной. Это точка зрения людей, имеющих непосредственное отношение к высшей школе и болеющих душой за катастрофическую ситуацию, сложившуюся с подготовкой кадров для науки и химической промышленности.

Цели образования и содержание школьного курса химии

Содержание школьного химического образования и соответственно школьного учебника химии непосредственно связано с целью образования. Лучшие современные учебники химии, написанные в русле советской (немецкой) педагогической школы, вполне удовлетворительно справляются с задачей развития системного мышления. В принципе, такой подход оправдан, ведь развивать мышление лучше всего на классических, многократно апробированных примерах.

Приемлем такой подход и для подготовки к будущей профессии, которая предусматривает систематическое многолетнее образование, постепенное движение от «классики» к современности. Собственно, учащийся постигает современность только после окончания обучения, когда он приступает к работе по полученной специальности. Но доля таких учащихся не превышает 10%, для подавляющего же большинства знакомство с химией начинается и заканчивается в школе. И в плане подготовки к будущей взрослой жизни важно дать им как можно больше сведений об окружающем их материальном мире, о веществах, материалах и технологиях, с которыми они могут столкнуться в повседневной жизни. На первый план выходят не теории и умозрительные схемы, а конкретное знание. Речь уже идет не о систематическом образовании, а о фрагментарном освещении, и задача составителей школьных программ и авторов учебников сводится к тому, чтобы части этой мозаики сложились в более или менее целостную картину.

Еще одна проблема — создание у школьника мотивации к изучению химии. Проблема эта существовала всегда, решали и решают ее посредством организации

системы внешкольного химического образования, кружков, лекториев, химических олимпиад разного уровня и т.д. Так подготавливали учащихся к будущему профессиональному образованию. Подавляющее большинство школьников, немотивированных к изучению химии, получали хоть какой-то минимум знаний в рамках обязательного школьного курса. В свете грядущей реформы* ситуация усугубляется: химическое образование школьника может закончиться, едва начавшись, если он не выберет химию как предмет для дальнейшего изучения. Реформа может привести к тому, что вводный курс химии превратится в своего рода рекламу широчайших возможностей химии и ее важнейшей роли в нашей жизни, в чистейшей воды пропаганду, потому что сообщаемые сведения не будут базироваться на понимании сути явлений и могут быть восприняты только на веру. Увлечь школьника, побудить его заниматься какой-нибудь наукой можно только поразив его воображение. Наше поколение поражали химическими опытами «вулкан» и «фараонова змея». Для поколения Интернета и виртуальной реальности этого явно недостаточно. Необходимы более яркие, современные примеры.

Достижения современной науки и техники и школьный курс химии

Проблема, касающаяся создания современных школьных учебников химии, заключается в оптимальном выборе концепций, методов исследования и технологий, которые можно было бы рекомендовать для включения в школьный курс химии.

К ее решению можно подойти с разных сторон. В первую очередь это максимальное приближение знаний, получаемых из учебника, к реалиям нашей жизни. Необходимо, чтобы выпускник школы хотя бы понимал химические термины, которые могут ему встретиться в повседневной жизни. Поразительно, но этот вопрос практически не изучен педагогической наукой. В уникальном исследовании [6] авторы проанализировали материалы СМИ (газеты, телевидение, радио, Интернет, за исключением специализированных изданий и сайтов) и установили, что из 240 наиболее часто встречающихся химических терминов 80 отсутствуют в школьном курсе химии. Из материалов это, например, керамика, жидкие кристаллы и композиционные материалы. Еще более широк перечень «изгоев» в разделе «химическая технология и экология»: это возобновляемые ресурсы (источники энергии), топливные элементы, биотопливо, взрывчатые вещества, отравляющие вещества, аккумуляторы, АЭС, ПДК и др. Понятно, что такая ситуация недопустима, тем более что многое из перечисленного

* Не будем питать иллюзий. Общественное мнение в нашей стране интересуется только общественностью, власти же с упорством, достойным лучшего применения, доведут объявленную реформу до конца, чего бы это им ни стоило и к каким бы очевидным отрицательным последствиям в будущем это ни приведет.

имеет прямое отношение к безопасности нашей жизни и служит предметом активного обсуждения в обществе.

Второй разрез — это наиболее значимые достижения химии за последние 30—40 лет. «Утвержденного» списка этих достижений нет, поэтому приведу свой, сугубо субъективный перечень десяти таких достижений.

1. *Открытие фуллерена, углеродных нанотрубок, графена.* В более широком плане — прогресс химии простых соединений, в еще более широком — ренессанс неорганической химии. Открытие графена в 2004 году и Нобелевская премия по химии 2010 года, полученная за это открытие нашими соотечественниками, — именно тот факт, который может поразить воображение школьника.

2. *Сверхпроводящие керамики.* Еще один пример феноменального прогресса неорганической химии.

3. *Создание сканирующих зондовых микроскопов,* позволяющих «увидеть» атомы и изучать структуру вещества с атомарным разрешением.

4. *Проводящие органические полимеры.*

5. *Твердофазный синтез пептидов и олигонуклеотидов.* В более общем виде — машинный синтез сложных органических соединений. Синтез «по программе» в полной мере отвечает умонастроению современных школьников.

6. *Расшифровка генома человека.* Создание разнообразных методов трансформации ДНК, получение генетически модифицированных организмов, генную терапию и т.п.

7. *Полимеразная цепная реакция (ПЦР).* Уникальная реакция, позволяющая размножать фрагменты молекулы ДНК. Дополнила многочисленные типы химических реакций принципиально новым — размножением по шаблону. Создатель ПЦР Кэри Маллис получил Нобелевскую премию по химии.

8. *Прогресс микроэлектроники.* В более широком плане — прогресс в области получения полупроводниковых материалов и структур.

9. *«Зеленая» химия.* Принципиальный курс на разработку технологий, которые приносят минимальный вред окружающей среде, а также технологий, использующих возобновляемые источники сырья.

10. *Абиогенный природный газ.* Возможность абиогенного образования природного газа в земной коре переводит природный газ в разряд возобновляемых источников сырья и энергии и позволяет по новому взглянуть на перспективы развития цивилизации.

Необходимо также учитывать, что химия как наука претерпела за последние десятилетия существенные изменения и далеко ушла от тех концепций, которые излагаются в школьном курсе. Разрыв резко усилился со вступлением науки в эпоху нанотехнологий. Непонимание и неприятие нанотехнологий как неспециалистами, так и многими людьми, имеющими самое непосредственное отношение к химии, обусловлено в определенной мере тем, что они противоречат принципам, усвоенным еще в школе.

Отметим лишь некоторые особенности современной химии, акцентируя внимание на их взаимосвязи со школьным курсом.

Использование атомов как химических реагентов. Как строится методически рассмотрение свойств конкретного химического элемента в школьном курсе? Строение атома, структуры его электронных оболочек. Простые вещества элемента: строение, свойства, применение. Сложные соединения: строение, свойства, применение. В этой привычной схеме есть очевидное упущение — нет рассмотрения свойств и применения атомов элемента. Раньше это выглядело вполне обоснованным. Собственно химия начиналась с молекул вещества, атомы если и записывали в уравнениях химических реакций, то лишь в качестве промежуточных, короткоживущих и реакционноспособных частиц. Едва ли не единственный пример в школьном учебнике химии — атомы хлора в процессе радикального хлорирования углеводов.

Между тем атомы как химические реагенты широко используются как в научных исследованиях, так и в технологии, в частности, для прямого синтеза химических соединений. В качестве примера можно привести метод молекулярно-лучевой (атомно-пучковой) эпитаксии, с помощью которого получают полупроводниковые гетероструктуры, состоящие из слоев различных веществ нанометровой толщины. Отработаны методы получения атомарных газов различных элементов и манипулирования ими. Через стадию образования атомарных газов проходит синтез таких практически важных веществ, как металлические наночастицы и фуллерены.

Но каковы химические свойства, например, атома золота? Школьный курс не дает ответа на этот вопрос. Более того, даже многие специалисты переносят свойства простого вещества на свойства атомов* и соответственно полагают, что атомы золота химически инертны. Это не соответствует действительности. Атомы золота — реакционноспособные частицы, легко вступающие во взаимодействие с компонентами окружающей среды и между собой с образованием кластеров, состоящих из нескольких атомов золота, а по мере их роста — частиц нанометровых размеров. По мере образования химических связей между атомами золота их реакционная способность уменьшается, и наночастицы золота по химической активности занимают промежуточное положение между атомами золота и массивным образцом. «Особые» свойства наночастиц получают простое, логичное объяснение, понятное даже школьнику, которому рассказали о химических свойствах атомов золота.

Зависимость свойств веществ от метода их получения. Это очень жесткая формулировка, которая может

* Корни этой аналогии лежат, возможно, в упомянутом единственном примере с хлорированием углеводов: высокая реакционная способность атомов хлора ассоциируется с высокой химической активностью молекул хлора.

вызвать протест профессиональных химиков-исследователей, но дело выглядит именно так. Для примера обратимся снова к золоту. В зависимости от метода синтеза наночастицы золота могут иметь разную окраску — от фиолетовой до красной, они могут быть как проводниками электричества, так и диэлектриками, могут быть каталитически неактивными или превосходить по активности лучшие катализаторы на основе платины. Везде речь идет об элементарном золоте и эти сведения находятся в вопиющем противоречии с тем, что сообщает школьный учебник химии.

Методической основой школьного курса химии является закон Пруста, который гласит, что состав и свойства веществ не зависят от метода их получения. Конечно, в учебниках есть оговорка об ограниченности этого закона, но эта оговорка быстро забывается школьниками, тем более что все дальнейшее изложение ведется строго в рамках этого закона.

Примеси как один из важнейших факторов влияния на свойства вещества. В школьном курсе рассматриваются свойства индивидуальных, идеально чистых веществ. Методически это абсолютно правильно, но в реальной жизни мы всегда имеем дело со смесями веществ. Профессиональные химики на протяжении всей истории развития химии тоже рассматривали примеси как досадную помеху, влияющую на протекание химических реакций и приводящую к невозможности результатов эксперимента. Отсюда разработка все более совершенных методов очистки веществ.

На современном этапе развития технологии получения особо чистых веществ и методов аналитического контроля появилась возможность перейти к контролируемому введению малых и сверхмалых количеств примесей, что открыло путь к воспроизводимому получению новых материалов с уникальными свойствами. Приведем в качестве примера полупроводниковые материалы на основе кремния. Два образца кремния, содержащие легирующие добавки фосфора или бора в количестве 10^{-5} % (масс.), абсолютно идентичны как по химическим свойствам, так и по результатам анализа большинством доступных методов, но при этом образцы принципиально отличаются по типу проводимости и с этой точки зрения представляют собой два разных вещества.

Нестехиометрические соединения. Помимо закона Пруста школьный курс методически базируется на подходе Дальтона. Опять же дается оговорка о неабсолютности закона кратных отношений, отмечается исторический спор Дальтона и Бертолле, упоминается российский ученый Н.С.Курнаков в связке с существованием соединений нестехиометрического состава. Но вся эта информация, не подкрепленная примерами в дальнейшем курсе, не остается в памяти учащихся, что существенно искажает их представление о современной химии, ее методах и возможностях.

Супрамолекулярная химия. В школьном курсе химии сущность этого понятия не раскрывается. Учебник акцентирует внимание на молекуле, на типе связей внутри

молекулы, на превращении молекул в результате химического взаимодействия. В то же время взаимодействия между молекулами, которые не приводят к перераспределению электронов и химических связей (т.е. взаимодействия, которые нельзя описать уравнением химической реакции), рассматриваются в значительно меньшем объеме и не остаются в памяти учащихся. Водородная связь преподносится как довольно экзотический вид химической связи, нужный преимущественно для объяснения свойств воды. Ван-дер-ваальсовы взаимодействия по сути выведены за пределы химии, хотя именно два упомянутых типа взаимодействия в значительной мере ответственны за превращение совокупности молекул в вещество — основной объект химии.

Поверхность. Как отмечалось выше, в школьном курсе обсуждаются свойства индивидуальных, идеально чистых веществ, и как во всякой модели тут нет места краевым эффектам — поверхности раздела фаз. Тем более что тонкий поверхностный слой отличается по свойствам, а зачастую и по составу от основной массы вещества. Но именно поверхность определяет каталитические и сорбционные свойства веществ (кстати, важнейшие явления катализа и сорбции также практически не отражены в школьном курсе), многие уникальные свойства нанобъектов определяются поверхностными атомами, доля которых может достигать десятков процентов от массы вещества.

В какой мере эти изменения химии как науки должны быть отражены в школьном курсе химии? Или в более общем виде: насколько школьный курс должен соответствовать уровню развитию современной науки?

Ответ на этот вопрос далеко не очевиден. В любом случае наука развивается быстрее, чем меняются школьные программы и учебники, и догнать ее невозможно в принципе. При этом в погоне за «современностью» можно утратить понимание фундаментальных основ науки, разъяснению которых и служит школьный курс.

Более того, высокая «научность» учебника зачастую даже вредит пониманию данного предмета. Классический пример — фактическое фиаско реформы математического образования, во главе которой стоял выдающийся ученый и педагог А.Н.Колмогоров. Школьники абсолютно не воспринимали новые научные формулировки.

Подобные крайности возможны и в химии. Так, например, один очень уважаемый ученый, академик, полагает, что на пятой странице учебника химии для 8-го класса следует привести уравнение Шрёдингера, из которого должно быть выведено все остальное. Легко представить остаточный объем знаний по химии в этом случае — нулевой. В учебнике Н.Е.Кузнецовой с соавт. еще до рассмотрения свойств химических элементов и многообразия химических реакций вводится понятие энтропии и с его помощью объясняется, почему протекают химические реакции. По сути все правильно, но вряд ли школьники 8-го класса способны осмыслить это понятие, которое даже многие студенты химических специальностей вузов усваивают весьма формально.

Вводить «современные» примеры в школьный курс химии следует взвешенно, осторожно и точно. Они должны удовлетворять целому ряду требований:

— иметь отношение к повседневной жизни или к обсуждаемым в обществе проблемам;

— быть достаточно простыми и понятными школьнику в рамках имеющихся у него знаний по химии и другим естественнонаучным предметам;

— иллюстрировать основные принципы и методы химии;

— не вступать в противоречие с другими примерами, содержащимися в курсе;

— привлекать внимание школьников к химии;

— способствовать созданию положительного образа химии.

Впрочем, выбор примеров зависит от содержания курса, а здесь возможны два варианта.

Модернизация или реконструкция?

Введение современных примеров в школьный курс химии, его модернизация — это по сути дела паллиатив. Полумера здесь не даст должного результата, тем более что курс химии в его прежнем объеме в дальнейшем предназначается только для профильных классов, а применительно к общеобразовательной школе он будет сильно сокращен. Поэтому целесообразно вести разговор о коренной переработке курса, его реконструкции. Новый школьный курс химии нужно построить на основе иной логики с привлечением широкого круга современных примеров. (Обсуждение конкретных методических вопросов, как совместить расширение круга современных примеров с сокращением объема курса, выходит за рамки настоящей статьи. Отмечу только, что сделать это очень трудно, но все же возможно.)

Для начала попробуем еще раз разобраться в том, почему же так не любят предмет химию многие школьники, а также их родители, бывшие школьники, в том числе люди, которым не чужды естественные науки, вплоть до профессиональных физиков-экспериментаторов. Помимо уже известного нам тезиса «никогда не понадобится», звучат следующие претензии: химия — предмет сложный для понимания, скучный, скопище разрозненных фактов, отсутствие закономерностей, сплошные исключения, которые надо заучивать, обилие формализма.

Можно, конечно, сетовать на отсутствие лабораторных работ, на сокращение учебных часов, отводимых на изучение химии, но часть вины за такой отрицательный имидж химии как школьного предмета лежит и на самих химиках, и на педагогах. Им не удастся донести до учеников красоту и важность химии. Перечитав несколько линеек наиболее распространенных школьных учебников, вынужден с сожалением признать: действительно скучно.

Контурсы современного курса химии

Каким должен быть курс химии, чтобы он мог увлечь современного школьника? Максимально прибли-

женным к жизни, понятным, динамичным, поражающим воображение, интригующим.

Приведу примерный перечень главных идей, которые, на мой взгляд, должны пронизывать весь курс химии и быть накрепко усвоены школьниками.

Область химии — весь материальный мир. Конечно, эта мысль и так является центральной в школьном курсе и во всех учебниках приводится много сведений о строении и свойствах природных веществ. Но на все это наслаиваются многочисленные реакции синтеза веществ. В результате с химией ассоциируются исключительно синтетические, искусственно полученные вещества, которые противопоставляются природным. «Кокакола — это химия, а квас — натуральный продукт». Вполне допускаю, что некоторые из тех, кто разделяют эту точку зрения, с недоверием воспримут информацию, что квас состоит из молекул. Ведь молекулы — «это что-то химическое».

Более того, даже не все синтетические вещества и материалы ассоциируются с химией. «Обычный» человек из химических продуктов назовет стиральные порошки и моющие средства, синтетические ткани и пластмассы, минеральные удобрения (часто с негативным оттенком, опять же с противопоставлением природным веществам). Скучный перечень, но таковы остаточные знания от школьного курса.

Причина этого заключается, по-видимому, в том, что школьный курс сконцентрирован на процессах, которые можно описать уравнениями химических реакций. Все прочие процессы получения и превращения веществ, как менее интересные с дидактической точки зрения, рассматриваются кратко или вовсе выводятся за рамки курса. Наиболее показателен здесь раздел, посвященный кремнию. Процессам получения сверхчистого монокристаллического кремния, его легирования, превращения в микросхему, многочисленным химическим реакциям, протекающим при этом на поверхности кремниевой пластины, в большинстве учебников уделяется один-два абзаца. Поэтому этого неудивительно, что учащиеся «не видят» химии в компьютерах, мобильных телефонах, плеерах и прочих устройствах, которые заполняют их жизнь.

Под химией понимают воздействие химического реагента, в результате которого протекает некая химическая реакция, описываемая конкретным уравнением. Все прочие воздействия из арсенала современной науки и техники, включая различного рода излучение, плазму, даже температуру и электрический ток, приводящие к превращению вещества, рассматривают как физические, соответственно все вещества и материалы, получаемые с их помощью, стойко ассоциируются с физикой.

Чтобы вернуть химии подобающее ей место в представлении об окружающем мире, акцент необходимо делать на веществе как основном объекте химии, на материалах, на широчайших возможностях их трансформации с помощью различных воздействий, в том числе химических реагентов.

Современная химия — «пир высоких технологий». Химия в изложении большинства школьных учебников выглядит чрезвычайно допотопной наукой и это впечатление усиливается на фоне сообщений СМИ и различных научно-популярных телевизионных передач о феноменальных успехах и потрясающих открытиях в областях биологии и физики (по разным причинам химии в СМИ и научно-популярной литературе уделяется значительно меньше внимания).

Конечно, цветные качественные реакции и титрование важны с методической точки зрения, особенно если школьник с их помощью сам определяет содержание какие-либо веществ в объектах окружающей среды. Но в отсутствие лабораторных работ рассматривание соответствующих картинок в учебнике производит гнетущее впечатление. То же относится и к синтезу веществ в установках столетней давности. (Поразительно, но многие мои знакомые-нехимики, доктора разных наук, считают, что один из основных лабораторных приборов — реторта. Именно это слово почему-то засело в их сознании, не сохранившем со школьных времен даже формулы серной кислоты). Химические технологии представлены домами и ректификационными колоннами, вызывающими отвращение у всех школьников, особенно у увлеченных химией. Необходимо показать школьнику, что химия — передовая наука, реализующая в том числе все новейшие достижения смежных наук и технологий. И делать это надо с первого дня изучения химии, а не в выпускном классе, когда интерес к химии безнадежно утрачен.

Школьников следует ознакомить с современными методами анализа. В нынешний курс легко вписать метод атомно-абсорбционного (-эмиссионного) анализа, связав его с рассмотрением строения электронных орбиталей атома. Для объяснения принципа действия атомно-силового микроскопа также не требуется привлекать никаких дополнительных сведений, но вид этого прибора и описание его возможностей, несомненно, поразят учащихся. После ознакомления в рамках курса физики с рентгеновским излучением и интерференцией, полезно рассказать школьникам о принципах рентгенофазового и, особенно, рентгеноструктурного анализа, который позволяет установить точную геометрию молекул^{*}. Целесообразно также упомянуть о хроматографии, хотя объяснить ее принцип, как ни странно, сложнее, чем принцип действия атомно-силового микроскопа и других описанных приборов. Это потребует более глубокого описания в школьном курсе свойств поверхности и поверхностных явлений, что, впрочем, находится в русле современной науки и полезно в том числе с этой точки зрения.

^{*} В школьном курсе много рассуждений о геометрии молекул, о направленности связей, приводятся многочисленные данные о длинах связей, но как химики получили всю эту информацию, остается для школьников загадкой. Тогда как в курсе физики детально описано, как можно определить, например, заряд электрона или другие фундаментальные константы.

Необходимо продемонстрировать школьникам несколько современных технологических приемов получения разнообразных веществ. Например, представить метод прямого синтеза веществ из атомов в варианте молекулярно-лучевой эпитаксии. Его чрезвычайно легко объяснить даже на начальном этапе изучения химии и для этого не требуется специальных знаний. От этого химического процесса протягивается ниточка к столь любимым школьниками лазерам, а вид установок для молекулярно-лучевой эпитаксии, прообразов мини-фабрик будущего, восхищает даже специалистов.

Следует упомянуть также о машинном синтезе веществ, как в варианте твердофазного синтеза полипептидов и олигонуклеотидов, так и в варианте комбинаторной химии. Нет нужды погружаться в конкретный детальный химизм данных процессов, это требует дополнительных знаний и времени, главное пояснить принцип действия и показать возможности использования этих процессов. Надо продемонстрировать школьникам, что химия может удовлетворить интерес к различным автоматизированным установкам, исследовательским приборам и экранам мониторов.

Всесилие химии. Лейтмотив: химия может получить все, что не запрещено Природой; может придать веществу заранее заданные свойства; можем определить строение любого вещества и его содержание в объектах окружающей среды.

Химия как количественная наука. В школьном курсе необходимо усилить разделы, посвященные физической химии: термодинамике, кинетике, равновесию, с проведением расчетов для нескольких конкретных примеров или хотя бы объяснением принципов такого расчета.

Предсказательная способность химии. Химия оперирует множеством закономерностей, позволяющих делать предсказания о свойствах веществ. Однако в нынешних школьных учебниках на эти закономерности наслаиваются разного рода частности и исключения, которых в химии действительно в избытке. Акцент, на наш взгляд, следует сделать все же на закономерностях, пожертвовав частностями и исключениями. Необходимо познакомить школьников с работами в области установления соотношений «структура—свойство», а также с методами дизайна молекул и материалов.

Роль компьютерных технологий. Современные школьники не мыслят жизни без компьютеров, поэтому необходимо постоянно подчеркивать широкое использование компьютерных технологий в химии для расчета характеристик молекул, их дизайна, установления структуры, машинного синтеза и т.д.

Перспективы. Не надо бояться показать школьникам, что в химии есть еще много неясного, есть точки роста, есть целые направления, которые предстоит разрабатывать им, если они выберут химию в качестве дела своей жизни. Водородная энергетика, материалы для квантовых компьютеров, утилизация диоксида углерода и спасение нашей планеты от климатической катастрофы, промышленная реализация процесса фотосинтеза, создание новой химической технологии на основе во-

зобновляемых источников сырья, получение метаматериалов с отрицательным показателем преломления для плаща-невидимки — эти и другие задачи должны воодушевить молодых людей и привлечь их внимание к химии.

О структуре школьного химического образования

Грядущая реформа не оставляет пространства для маневра. Для преподавания основ химии в общеобразовательной школе будет отведен один учебный год, от силы два. Трезвая оценка реалий нашей жизни и богатый опыт реформ заставляют исходить из худшего сценария.

Первый год обучения — это своеобразный пропедевтический курс. Школьники будут получать самое общее представление о химии с акцентом на основные закономерности, описание веществ, встречающихся в природе и в быту, практическую значимость химии, экологию. Одна из главных задач курса: привлечение внимания к химии и подавление хемофобии, которая, к сожалению, царит сейчас в обществе. Именно на этом этапе чрезвычайно важна роль примеров, отражающих достижения современной химической науки и химической технологии.

Следующие два года обучения мотивированных школьников могут быть посвящены «классическому» курсу химии с учетом «современных» дополнений и изменений, которые обсуждались выше. Резкие изменения содержания курса и методики преподавания вряд ли целесообразны, ведь они в целом довольно успешно справляются с главной задачей — развитием мышления школьников. Кроме того, необходимо принимать во внимание степень подготовки педагогических кадров.

В завершение — обобщающий курс. В сущности эта идея реализована в нынешнем школьном курсе химии и это совершенно оправданно, потому что до восприятия обобщающих концепций школьники дорастают только в старших классах. Но здесь есть один нюанс: в каких рамках проводить обобщение — одной лишь химии или всех естественных наук.

Идея курса естествознания не нова. Ее активно пропагандирует министерство образования. Эта идея вызывает резко негативную реакцию как специалистов (см., например, [7]), так и многих родителей. Полностью разделяю их мнение. Внедрение в нынешнюю российскую школу курса естествознания вместо отдельных курсов физики, химии и биологии приведет к тому, что выпускники школ не будут знать ни физики, ни химии, ни биологии. И тем не менее...

Смею предположить, что идею курса естествознания руководители нашего образования подхватили на Западе, как и многие другие идеи, положенные в основу проводимых в нашей стране реформ, не только в области образования. Как и другие идеи, эта идея была воспринята механически, без понимания ее сути и механизма реализации. Действительно, курс естествознания

активно внедряется в американских школах [8] и это выглядит вполне обоснованным. Дело в том, что современная наука не на словах, а на деле пришла к «великому объединению» [9].

Поле для такой интеграции — нанотехнологии. В США с 2000 года в школах вводится курс естествознания. Эта реформа проводится последовательно, постепенно, методично: разработка учебных программ, создание учебников, подготовка учителей в университетах. То же относится и к курсам нанотехнологий в университетах с целью подготовки специалистов для исследовательских подразделений и промышленности.

Специалист, работающий в области нанотехнологий, должен свободно ориентироваться в физике, химии, молекулярной биологии. Приучить к такому взгляду на науку и на мир в целом человека можно только в школе. Именно поэтому курс естествознания в школе целесообразен, но только как обобщающий после овладения школьниками комплексом элементарных знаний по физике, химии, биологии. Курс естествознания для профильных классов должен включать разбор конкретных примеров единения наук, не только межпредметных связей, но и примерами использования методов различных наук для создания общего объекта. Некоторые такие примеры были перечислены ранее. Это реакция ПЦР и различные методы медицинской диагностики и идентификации на ее основе, процессоры компьютеров, магнитные элементы памяти и жидкокристаллические дисплеи, высокотемпературные сверхпроводники, твердофазный синтез белков и фрагментов ДНК.

Понятно, что такой курс — дело далекого будущего. Ведь для этого нужны программы, учебники, подготовленные учителя, педагогические эксперименты.

ЛИТЕРАТУРА

1. Стрельникова Л.Н. В кн.: Наука России. От настоящего к будущему. М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2009, с. 428—436.
2. www.ils.uio.no/english/rose
3. <http://wciom.ru/index.php?id=459&nid=111414>
4. Боровских А.В., Розов Н.Х. Деятельностные принципы в педагогике и педагогическая логика. М.: МАКС Пресс, 2010, 80 с.
5. Ерёмин В.В., Кузьменко Н.Е., Рыжова О.Н., Лукин В.В. Эксперименты с химическим образованием в России. В кн.: Современные тенденции развития химического образования: от школы к вузу. Под ред. В.В.Лунина. М.: Изд-во МГУ, 2006, с. 5—15.
6. Лисичкин Г.В., Карпухин А.В. Химические термины и понятия в средствах массовой информации. «Химия в школе», 2007, №9, с. 30—35.
7. Лисичкин Г.В., Леенсон И.А. Естествознание вместо физики, химии и биологии? «Химия в школе», 2007, №6, с. 2—5.
8. Эрлих Г.В. Нанотехнологии как национальная идея. «Химия и жизнь», 2008, № 3, с. 32—37.
9. Эрлих Г.В. Малые объекты — большие идеи. Широкий взгляд на нанотехнологии. М.: БИНОМ, 2011, 296 с.