

А. И. ЛЕСНИКОВИЧ

ХИМИЯ КАК НАУКА (ПАМЯТИ УЧИТЕЛЯ)

Время проходит,
но сказанное слово остается.

Л. Н. Толстой

В 1999 г. Вадим Васильевич Свиридов опубликовал статью «Химия в XXI веке» [1], в которой отмечал, что происходит расчленение химической науки на составляющие, которые можно рассматривать как самостоятельные науки, и что вместо термина «химия» можно пользоваться термином «химические науки». Что же мы видим сегодня, по прошествии десяти лет XXI в.?

Некоторые мнения о химии как науке высоко рейтинговый журнал «Nature» опубликовал в 2006 г. в статье Филиппа Болла «Chemistry: What chemists want to know» [2]. В ней говорится об окончании эпохи химии потому, что в химии не осталось великих загадок, а на фоне закрытия факультетов и сокращения общего числа студентов многие химики перестают воспринимать родную науку как одну из ведущих. Химия превращается в удобный инструмент, с помощью которого ученые разного профиля формулируют и решают свои важные задачи.

Даже в ЮНЕСКО, можно сказать, обеспокоились судьбой химии и объявили 2011 г. Годом химии.

Необходимо подчеркнуть, что Вадим Васильевич не писал о поглощении химии другими науками. В «расчленение» химии он вкладывал смысл ее умножения, формирования своего рода генеалогического древа, а не ассимиляцию и вырождение. Хочется надеяться, что Вадим Васильевич видел дальше современных пророков. Но только надеяться — этого мало, особенно преподавателям. Надо соответствующим образом подать химию школьникам и студентам. Все ли благополучно в этом плане? Рассмотрим несколько примеров.

В статье «Валентность» [3] Вадим Васильевич писал, что по мере развития науки смысл ее понятий углубляется, что в химии не уделяется должного внимания анализу смысла и области применимости используемых понятий. В частности, «...вопрос о наведении порядка с использованием термина «валентность» очень актуален», и ряд старых трактовок этого понятия, как например валентность по водороду (стехиометрическая), не потерял смысла, особенно на начальной стадии изучения химии.

С развитием теории химической связи смысл понятия «валентность» то углублялся путем приравнивания его числу химических связей, т. е. фактически путем сужения смысла понятия до характеристики состояния атома в молекуле, то изменялся путем замены «способности» ее мерой, или неоправданно расширялся путем отождествления валентности с теорией химической связи. Не

удивительно, что сочетание сужения, расширения и изменения смысла привело к потере смысла, выразившейся в отрицании наличия валентности (т. е. способности атома присоединять или замещать определенное число других атомов или атомных групп с образованием химической связи) у элементов, преимущественно образующих соединения с ионным типом связи, в частности у *s*-элементов. Между тем современный строгий расчет валентности по числу химических связей методами квантовой механики, во-первых, приводит к нецелочисленным ее значениям (за исключением простейших молекул типа N₂), а во вторых, дает значения валентности часто близкие к традиционным, в том числе и для *s*-элементов: валентность обоих атомов в LiF равна 0,98, а в NaCl 1,07; в SO₄²⁻ валентность серы 5,89, а кислорода 1,65 [4]. Отклонения от значений, близких к традиционным, даже в случае сравнительно простых молекул обычно вызваны сложным характером химической связи, ее делокализацией и др. особенностями: в PCl₅ валентность P равна 5,71, а Cl 1,84. Но кому, кроме специалистов и старшекурсников, нужна такая валентность? Могут ли ее осмысленно воспринять школьники или студенты младших курсов? Ответ очевиден.

Попытки упрощенного подсчета числа связей, согласно которому, например, сера в серной кислоте четырехвалентна, а два кислорода одновалентны, ничего, кроме ошибочной информации, связанной с необоснованной верой в выполнение в данном случае правила октета, не дают. То же касается и четырехвалентного азота в азотной кислоте. Начинающих изучать химию подобные цифры лишь вводят в заблуждение. Сегодня уже есть основания сказать, что от такого рода подсчетов надо уходить. Их сохранение будет компрометировать химию как науку. Кто определяет валентность числом связей, тот должен считать это число методами квантовой механики с использованием делокализованных молекулярных орбиталей. Не случайно Вадим Васильевич обращал внимание на то, «...чтобы у студентов не создавалось впечатление, что «валентность» и «степень окисления» совершенно независимые понятия ...попытка отказаться от представлений о пятивалентном азоте существенно усложняет рассмотрение вопроса о составе соединений азота». Он не видел оснований для отказа от такой трактовки валентности азота в школе. И это понятно, прежде надо уметь написать формулу соединения, определяющую его состав, а строение соединения — более сложный вопрос последующего изучения.

С вопросом о составе соединений, их химических свойствах связана еще одна неблагоприятная для имиджа химии тенденция — уход в учебном процессе от короткой формы таблицы периодической системы химических элементов, т. е. от варианта, акцентирующего внимание на химических свойствах, к варианту, нагляднее иллюстрирующему физическую основу периодической системы — строение атома. Ссылки на рекомендации ИЮПАК в данном случае необоснованны, так как ИЮПАК не дает рекомендаций по методике преподавания. Обязательность использования в преподавании только стандартных вариантов таблиц, дефиниций можно сравнить с требованием к поэзии перейти на стандартные выражения, фразы. Очевидно, что при изучении химии рационально использование обоих вариантов таблицы. Не надо забывать, что сама периодическая система появилась как результат упорядочивания элементов по их химическим свойствам, в том числе по проявляемой ими валентности по водороду и кислороду. Если мы учим химии, то зачем уходить от химического варианта таблицы? Пусть даже опытный химик попытается сравнить свойства Eu и Am по проявляемой ими степени окисления, используя оба варианта таблицы. При использовании варианта

полуэллиптической формы таблицы периодической системы он сможет увидеть лишь аналогию в свойствах Eu и Am, тогда как в современном короткопериодном варианте [5] он обнаружит, что у этих элементов совершенно разные аналоги (Ba и Os соответственно). Школьнику интереснее другой пример: в менделеевском (короткопериодном) варианте таблицы он увидит, что химические аналоги урана находятся в шестой группе периодической системы, а не в третьей, из которой актиниды выносятся фактически в подстрочное примечание.

Примеров, не благоприятствующих имиджу химии, можно привести немало. Остановимся лишь еще на одном, касающемся классификации химических соединений. Известно, какую большую роль играет классификация объектов изучения в любой науке. Велика ее роль и в химии, особенно при изучении химии: умение отнести объект к тому или иному классу, группе и т. д. сразу же позволяет охарактеризовать его типичные свойства, даже если ранее об этом объекте ничего не было известно. В свое время открытие комплексных соединений как соединений, не подчиняющихся правилам валентности, изучение их свойств и особенностей строения, отмеченное Нобелевской премией, явилось крупной вехой в развитии химии. Однако, вследствие постепенного размывания понятия «валентность», определение понятия «комплексное соединение» становилось все более расплывчатым, просто эквивалентным переводу с латинского *complexus* — совокупность, сочетание. Например, «Комплексами называют соединения, образовавшиеся при координировании одним атомом, называемым центральным атомом, одного и более ионов или молекул-лигандов» [6].

В других определениях даются некоторые уточнения, касающиеся способности комплекса к существованию как единого целого в кристаллической решетке и в растворе, но это не решает вопроса. По такого рода определениям, в частности, ионы типа SO_4^{2-} относятся к комплексным. На вопрос на лекции, относят ли студенты-химики пятого курса такие ионы к комплексным, один из них сказал: «Не хотелось бы». Впечатляющий ответ. И понятный. Зная не только расплывчатые определения, но и свойства комплексных соединений, он не видел таких свойств у названных ионов: не встречались ему схемы ступенчатой диссоциации таких ионов и значения соответствующих констант нестойкости, о которых он знал как о характерных особенностях комплексных соединений. Способность к существованию сульфат-иона как единого целого в кристалле и в растворе на него, видимо, не произвело впечатления, поскольку, например, молекула воды в кристаллогидрате и в растворе обладает такой же способностью. Более того, она, подобно комплексным соединениям, способна к диссоциации по гетеролитическому типу, поэтому с большим основанием может быть к ним и отнесена.

Что же имеем в результате? *Complexus*, и ничего более. За что же А. Вернер получил Нобелевскую премию? Столкнувшись с поразившим химиков того времени неподчинением правилам валентности, он рационально расширил представления о ней, введя понятия главной и побочной валентности. Это одно из важнейших положений его теории, снимающее неоднозначность в определении валентности в комплексных соединениях, следовательно, и самих этих соединений. Не случайно уважительно относившийся к истории химии Вадим Васильевич, описывая сложившуюся ситуацию с валентностью в комплексных соединениях, пришел к выводу: «Выход из создавшегося положения можно найти очень просто, если вернуться к старым терминам «главная и побочная валентность». Далее он поясняет, какие и в какой степени современные термины (степень окисления, координационное число) им эквивалентны.

Подробнее вопросы валентности и связанные с ними понятия комплексных и координационных соединений рассмотрены нами ранее [7]. Исторически сложившийся путь развития представлений о валентности химиками прошлого был таким: сначала она была характеристикой, связанной с составом простых соединений, затем — простых и комплексных и только после этого — со строением атома и особенностями химической связи. Можем ли мы предложить учащимся, начинающим изучать химию, более оптимальный путь, чем выработанный историей? Уверен, — не можем. Такого же мнения, как следует из цитированных работ, придерживался и Вадим Васильевич.

Следует отметить, что поиск конкретных «виновных» подобного рода недоразумений ни к чему не приведет. Их не искал и Вадим Васильевич, когда в своей статье с призывным заглавием «**Школа нуждается в новых учебниках**» [8] анализировал пути повышения эффективности школьного химического образования. Позже [9] он корректно писал: «...неодинаковая трактовка одного и того же вопроса в разных книгах не означает, что один автор прав, другой же заблуждается. Это чаще всего бывает следствием использования различных упрощенных моделей... и даже разного смысла, какой вкладывается в одно и то же понятие авторами различных книг и статей. ...Такая картина... обычна не только для химии, но и для других наук». Причины надо искать в широко распространенных благонамеренных и безобидных на первый взгляд стремлениях и тенденциях к модернизации, совершенствованию, уточнению, стандартизации, упрощению того, что в этом на определенном этапе изучения химии не всегда и нуждается. Вопрос не в поиске виновных, а в определении путей исправления ситуации, не способствующей авторитету химии. Один из таких путей, как представляется, довольно важный, когда идет речь о химии как науке, рассматривается ниже (подробнее см. [10]).

Суть в следующем. Не вызывает сомнения утверждение о том, что философская наука закладывает основы методологии более частных наук. Одно из положений этих основ состоит в том, что каждая наука имеет свою систему категорий. При этом научная категория определяется как предельно общее понятие, последний результат абстрагирования от особенных признаков предметов, фиксирующий минимум наиболее существенных фундаментальных признаков охватываемых предметов. Это положение философии часто игнорируется, вероятно, в связи с тем, что категории отождествляют с основными понятиями. Очевидно, такое отождествление неправомерно хотя бы уже потому, что многие основные понятия не абстрактны, а предельно точны, как например понятие «моль» в химии. Не все многочисленные понятия науки могут претендовать на статус ее категорий, статус более общего, следовательно, и более высокого уровня, предполагающий и более внимательное отношение к соответствующему понятию. К сожалению, в химии нет системы категорий, по крайней мере, ее нет в учебной литературе. Формально это может стать поводом, чтобы сказать: нет категорий — нет и науки. Иными словами, отсутствие статуса категорий у важнейших понятий химии — слабое ее звено как науки. Почему бы тогда, как говорилось в «Nature», химию не превратить в удобный инструмент для решения задач других наук? Полагаю, что такая постановка вопроса — не сгущение красок, поскольку проблема категоризации основных понятий химии имеет прямое отношение и к устранению тех недоразумений, о которых шла речь выше. Статус категории у того или иного понятия будет

защищать это понятие от недостаточно обоснованных посягательств на его смысл и значимость для науки.

Вполне логично в качестве прототипов химических категорий выбрать категории философии как категории наиболее общего характера, причем те из них, которые относятся к материальному миру: материя, качество, количество, явление. Не вызывает сомнения связь материи с веществом. При этом химики не изучают «четвертое состояние вещества» — плазму. Их интересует «химическое вещество» — совокупность валентно и/или невалентно (вандерваальсовыми силами) связанных частиц (атомов, молекул, ионов). Такое вещество и есть предмет изучения химии как науки. Ему дано весьма общее и абстрагированное определение, соответственно это понятие может иметь статус категории в химии.

Другим предельно общим понятием химии с высоким уровнем абстрагирования, является понятие «химический элемент» — категория индивидуализации и систематизации атомных частиц по одинаковой величине заряда ядра. Она лежит в основе периодического закона, отражающего изменение свойств атомов и образуемых ими соединений, или языком философских категорий, — качества атомов и их соединений. Таким образом, «химический элемент» соответствует философской категории «качество».

Категории «количество» не может соответствовать внешне подобное понятие «количество вещества» с единицей измерения «моль» в силу своей конкретности, отсутствия связи со свойствами вещества, которые определяются его элементным составом, количественным соотношением химических элементов в соединении, структурой вещества. В самом общем виде все три названных фактора связаны с валентностью атомов как их способностью к образованию химических связей. Поскольку характеристики и количественные меры характеристик этой способности могут быть различными [7], то лишь совокупность всех количественных характеристик валентности может отразить многогранную способность атома к образованию химических соединений. Наличие нестехиометрических соединений лишь подчеркивает значимость представлений о валентности, поскольку в отсутствие этих представлений теряется смысл в выделении такого класса соединений. Более того, валентные особенности элементов проявляются как в составе, так и в свойствах нестехиометрических соединений. Валентность относят к категории фундаментальных научных понятий [4]. Она отвечает критерию предельной общности понятия, абстрагированного от частных мер его характеристик, фиксирует необходимый минимум наиболее существенных характеристик и поэтому может иметь в химии статус категории со всеми вытекающими из этого следствиями.

Валентность — не аналог понятия химическая связь. В отличие от валентности (способности) химическая связь представляет собой явление — неуловимое взаимодействие между принципом неопределенностей и ядерными притяжениями, физическая природа которых все еще недостаточно выяснена [4]. Явление химической связи лежит в основе всех других химических явлений и проявляемых веществом химических свойств, т. е. понятие химическая связь — наиболее общее понятие химии. Оно отвечает философской категории «явление» и должно иметь соответствующий ей статус в химии. Все еще нераскрытая тайна химической связи и представляет собой ту великую загадку и важную задачу, о которых шла речь в начале статьи, и которых якобы нет в химии.

Рассмотренные четыре категории фактически определяют основные черты химии как науки: она изучает **вещество**, образованное посредством **химических связей** атомами одного и более **химических элементов**, связанными в соотношениях, определяемых их **валентностью**, и превращения **вещества**. Уже поэтому к выделенным категориям химии должно быть особое отношение. Некоторые желательные уточнения данной формулировки, например, о межмолекулярном взаимодействии, многообразии химических веществ, могут содержаться в определениях самих этих четырех категорий.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Свиридов В. В.* // Химия: проблемы выкладання. 1999. № 2. С. 8—25; № 3. С. 3—40.
2. *Ball P.* // Nature. 2006. Vol. 442, № 7102. P. 500—502.
3. *Свиридов В. В.* // Химия: проблемы выкладання. 1996. № 2. С. 4—27.
4. *Корольков Д. В.* // Теоретическая химия. Т. 1. М.: ИКЦ «Академкнига», 2007. 463 с.
5. *Корольков Д. В., Скоробогатов Г. А.* // Основы теоретической химии. М.: ИЦ «Академия», 2004. 352 с.
6. *Скопенко В. В., Цивадзе А. Ю., Савранский Л. И., Горновский А. Д.* // Координационная химия. М.: ИКЦ «Академкнига», 2007. 487 с.
7. *Лесникович А. И.* // Химия: проблемы выкладання. 2009. № 3. С. 3—7.
8. *Свиридов В. В.* // Химия: проблемы выкладання. 1997. № 7. С. 95—101.
9. *Свиридов В. В.* // Химия: проблемы выкладання. 2000. № 3. С. 26—66.
10. *Лесникович А. И.* // Химия: проблемы выкладання. 2009. № 12. С. 3—5.