

А. ЛАВУАЗЬЕ: «ХИМИЧЕСКАЯ РЕВОЛЮЦИЯ» И ИСТОКИ СТРУКТУРНОЙ ХИМИИ

И. С. ДМИТРИЕВ (Ленинград), В. А. КРИЦМАН

Переворот в химии, произведенный на исходе XVIII столетия работами А. Лавуазье, многократно был предметом историко-научного и методологического анализа (см. [1—10]). Поэтому здесь мы коснемся лишь тех последствий «великой французской революции» в химии, которые оказали заметное влияние на понимание природы «растительных и животных тел».

Двойственное понимание объекта познания в культуре века Просвещения. Формирование идейного фона «химической революции»

Революционные процессы в химии 1770—1780-х годов составляют неотъемлемую часть глубоких общемировоззренческих и общекультурных сдвигов, происшедших в общественном сознании века Просвещения.

Вся культура XVIII столетия озарена «улыбкой разума», пронизана стремлением взглянуть на человека и природу широко, самостоятельным, непредвзятым и ясным взглядом. Природа становится первичной реальностью, а мыслящий рассудок — «единственным мерилom всего существующего» [11, с. 28]. Все природные явления понимались как обусловленные естественными причинами и подчиненные строгим и однозначным естественным законам, тогда как бог, по выражению А. Франса, был «отодвинут в далекую пропасть перво-причин». Отсюда сильный акцент на роли естественных наук.

Особое внимание при этом уделялось классификационно-типологической проблематике. В свою очередь любая типологизация и классификация предполагают обобщение опытных данных, фиксацию устойчивых признаков сходства и различия, а на более высоких, теоретических ступенях — построение идеальной модели объекта. Можно выделить две стороны процесса классификации — аналитическую и синтетическую. Первая предполагает мысленное разделение, структурирование объектов, вторая — их упорядочение и систематизацию путем мысленного соединения в единое целое информации об их элементах. «Наш век — век синтеза (combinaison) и анализа», — писал Д'Аламбер [12, с. 116].

В итоге, в культуре XVIII в. сформировалось и закрепилось двойственное понимание природного объекта. С одной стороны, взгляд на него как на некое композиционно расчлененное целое, «разные части которого имеют разные свойства и действуют согласно этим свойствам» [13, с. 21], а с другой — рассмотрение объекта как целостного образования. «Природа, понимаемая в широчайшем смысле слова, есть великое целое, получающееся от соединения различных веществ, их различных сочетаний и движений... Различные системы существ, или, если угодно, их особенные природы, зависят от общей системы, от великого целого» [13, с. 9].

Каждая часть этого целого существует не как независимая композиционно-структурная единица, а как находящаяся в непрерывном взаимодействии с другими частями целого, свойства которых модифицированы в соответствии с их местом и функцией в общей структуре.

Указанный дуализм в понимании исследуемого объекта отчетливо проявился в различных областях культуры XVIII в. [14]. Так, познавательный метод Э. Кондильяка, оказавший столь заметное влияние на Лавуазье, предполагал расчленение (реальное или мысленное) вещи, ее свойств и отношений на части, изучение этих частей, а уже затем их соединение в исходное целое. Только таким образом свойства этого целого удастся интерпретировать в терминах свойств его компонентов. Отсюда ясно, что идея Лавуазье об ограниченном множестве качественно неоднородных и аналитически определяемых элементов-носителей определенной совокупности свойств отвечала общей рационалистической схеме однозначно детерминированного мира и прекрасно гармонизировала с тем, что искали выразители духа времени. Если концепция качественно однородной материи автоматически вела к объяснению генезиса свойств веществ в кинематико-геометрических терминах корпускулярной философии, то мысль об образовании химических соединений из разнокачественных элементов приводила к выводу, что источником «химического движения» (химических превращений) является сама эта разнокачественность элементов.

Элементаристское решение проблемы генезиса свойств химических соединений в XVIII в. и «химическая революция»

Как уже не раз отмечалось в литературе, «химическая революция» последней четверти XVIII столетия — явление многосложное, внутренне противоречивое и, вопреки довольно распространенному мнению, отнюдь не сводящееся к ниспровержению флогистонной теории и к замене ее кислородной концепцией процессов горения и прокаливания. В ряде исследований [5—9] выявлены и другие, не менее, а возможно, и более существенные аспекты химической революции, из которых назовем важнейшие: 1) разработка проблемы газообразного (шире — агрегатного) состояния вещества; 2) выяснение химической роли воздуха; 3) пересмотр концепции химического элемента, что в перспективе открыло путь к созданию химической атомистики; 4) новое, элементаристское, решение проблемы генезиса свойств веществ. Последние два аспекта в свете нашей темы представляют наибольший интерес.

Как уже отмечалось выше, в химии первой половины XVIII в. наметилась тенденция, со временем все более углублявшаяся, к отходу от традиционных метафизических элементов-первоначал (*principia*). Убедительным свидетельством разложения старых элементаристских концепций может служить постулирование различных видов первоэлементов, понимаемых уже не абстрактно-метафизически — как носители некоей потенции, но конкретно — как химически индивидуализированные вещества. Так, например, Шталь рассматривал не землю вообще, а три конкретных вида земли — стеклющуюся, горючую (флогистон) и ртутную. В 1775 г. Т. Бергман, ссылаясь на работы Дж. Блэка, А. С. Маргграфа, К.-В. Шееле и И. Гана, различал пять землистых начал, «которые не могут быть получены друг из друга или из более простой субстанции» (цит. по [15, с. 451]). Развитие пневмохимии привело к открытию различных «видов» воздуха. Перечень подобных примеров легко продолжить.

В сознании химиков XVIII в. постепенно углублялась мысль о наличии в природе конечной совокупности качественно отличных, материальных, элементарных (т. е. не трансмутируемых друг в друга и неразложимых на какие-либо части) субстанций, различные сочетания которых дают все многообразие химических соединений. Пожалуй, наиболее последовательно эта мысль была развита группой французских химиков, последователей Штала, к числу которых относятся Г. Ф. Руэль, П. Л. Макер, А. Бомэ и Г. Ф. Венель [16].

«Цель химии,— писал Макер,— заключается в разделении веществ, которые входят в состав тел... Однако такой анализ или разложение является конечным... И каким бы путем ни идти далее, мы всегда вынуждены будем остановиться на субстанциях, кои уже невозможно подвергнуть каким-либо изменениям или разложить на другие вещества...» [17, с. 1—2]. Правда, «главными» элементами остаются все те же — земля, вода, воздух и огонь. Однако при этом, во-первых, допускается существование и других элементов и, во-вторых, сами элементы рассматривают уже как результат лабораторно-аналитического исследования, а не как идеальные сущности, единственное назначение которых — объяснить наличие у данного вещества определенного комплекса свойств.

Французские последователи Штала различали два состояния элементов — свободное, или чистое (*les éléments purs, libres*), и связанное (*combinés, fixés*). В последнем случае свойства элементов «оказываются более или менее скрытыми и модифицированными свойствами других начал, с которыми они соединены» [18, с. 201].

В процессе «постоянной работы природы» [Там же] элементы переходят из одного состояния в другое, высвобождаясь и снова вступая в соединение с другими элементами или с их совокупностями.

«Из исследования процесса соединения,— подчеркивал Руэль,— химия черпает свои знания; лишь благодаря переходу некоторого начала из одного соединения в другое, мы можем узнать свойства этого начала. Тот факт, что начала могут последовательно входить в несколько соединений, дает нам возможность говорить о них (т. е. о началах, элементах.— *И. Д., В. К.*) как о неразрушимых образованиях» (Цит. по: [16, с. 106]). Элементаристский подход к изучению состава и генезиса свойств веществ получил дальнейшее развитие у Лавуазье. Он не только пересмотрел материальный баланс процессов горения и прокаливания, перейдя от их интерпретации в терминах «чего-то отделяющегося» к трактовке в терминах «чего-то присоединяющегося», но и «поставил с головы на ноги» всю традиционную иерархию представлений о составе химических соединений. В результате то, что ранее мыслилось как простое тело (например, вода, окислы и т. д.), стало рассматриваться как соединение, а то, что казалось сложным (например, металлы), заняло свое место в «Таблице простых тел». Свойства веществ, по Лавуазье, обусловлены прежде всего их качественным и количественным составом. В отличие от предшественников Лавуазье идет не от фиксации наблюдаемых свойств к предпологаемому составу вещества (горючесть—огонь или сера и т. д.), а скорее от экспериментально фиксируемого предела делимости сложного тела (пусть даже этот предел и относителен) к представлению об его элементарном составе. Так, кислотное начало, по Лавуазье,— это отнюдь не прямой аналог «гипотетических» начал вроде флогистона, существование которых предполагалось на основе наличия у тела определенных свойств. Это материальная («реальная», по терминологии Лавуазье) составная часть соединения, ее существование доказывалось количественными (весовыми) измерениями, а также проведением реакций разложения и присоединения.

Разработка Лавуазье элементного анализа (в том числе и органических веществ) уже детально рассматривалась в историко-химической литературе [19—22]. Поэтому мы остановимся здесь только на основных моментах.

Работы Лавуазье по определению элементного состава органических веществ

Первым и важнейшим шагом в становлении органической химии как самостоятельной научной дисциплины стало определение элементного состава углекислого газа («связанного воздуха», *l'air fixe*) — неперменного продукта полного сгорания органических веществ.¹ Следующим шагом было «открытие»

элементарной природы углерода, что положило начало установлению элементных составов «животных и растительных тел».

Понимание того, что уголь (*le charbon*) при восстановлении металлических окалин играет не пассивную роль донора огненной материи, но является активным участником процесса, химически реагирующим с «удобовдыхаемым воздухом», содержащимся в окалине и превращающим его в «связанный воздух», пришло к Лавуазье весной 1775 г. [23, с. 122—128]. Первые сомнения в правильности традиционной точки зрения появились у него, по-видимому, ранее, осенью 1774 г. [24, с. 260—261].

В мемуаре «О природе начала, которое соединяется с металлами во время их прокаливании и увеличивает их вес», доложенном Академии наук 26 апреля 1775 г., Лавуазье со всей определенностью заявляет: в окалинах присутствует «удобовдыхаемый воздух», при соединении которого с углем образуется «связанный воздух»² [23, с. 128]. В 1777 г. ученый дает более развернутую формулировку: «Меловая воздухоподобная кислота — это не что иное, как соединение углистой материи с удобовдыхаемым воздухом или скорее с основанием этого воздуха»³ [23, с. 206].

В мемуаре «О теплоте» (1780 г.) [23, с. 283—333], написанном совместно с Лапласом, Лавуазье приводит количественный состав углекислого газа (с. 323), уточненный им позже (1781 г.) [23, с. 403—422]: «... (меловая кислота) состоит из 28 частей углистой материи и 72 частей кислорода (*principe oxigine*)» [23, с. 422] (по современным данным 27,3% углерода и 72,7% кислорода). Отсюда прямой путь к элементному анализу органических соединений.

Еще в 1777 г., до количественного изучения им состава CO_2 , Лавуазье в статье «Общие соображения о природе кислот и о началах, из которых они состоят» приходит к следующему выводу: «Вполне возможно... что углистая материя целиком содержится (*fût toute formée*) в растениях и что она вовсе не является творением огня (*l'ouvrage du feu*), как до сих пор полагали химики» [23, с. 259—260]. Этот вывод Лавуазье сделал при количественном исследовании взаимодействия сахара с азотной кислотой, которая служила источником кислорода.

Уже тогда Лавуазье понял принципиальную важность предложенного им метода определения состава сложного органического вещества по составу продуктов его окисления: «Независимо от того света, который подобные эксперименты прольют на природу кислот, они дают новый способ анализа животных и растительных тел» [23, с. 256]. Однако первые количественные результаты ученый получил лишь спустя несколько лет, после того как был установлен процентный (по весу) элементный состав не только углекислого газа, но и воды (июнь 1783 г.— апрель 1784 г.) [23, с. 334—359, 360—373], т. е. двух типичных продуктов полного сгорания органических тел.

В марте 1784 г. Лавуазье поставил первые эксперименты по количественному определению углерода и водорода в органических веществах, начав с исследования воска, так как воск «совершенно не летуч и, сгорая, дает мало дыма» [23, с. 410].

В апреле — мае 1785 г. Лавуазье исследовал горение винного спирта, оливкового масла и некоторых других органических соединений для «точного определения количества воды и угольной кислоты, образующихся при горении различных веществ, что позволило сделать вывод о количествах горючего воздуха (водорода.— И. Д., В. К.) и угольного начала (углерода.— И. Д., В. К.), которые они содержат» [23, с. 588]. «Если винный спирт и масла,— писал Лавуазье, обосновывая идею предложенного метода,— состоят в основном из горючего воздуха и углистой материи, если, с другой стороны, доказано, что при горении живительный воздух или скорее его основание, кое я назвал *principe oxigine*, соединяется с горящим веществом и, наконец, если *principe oxigine*, соединенный с горючим воздухом, образует воду, а соединенный с углистой субстанцией дает связанный воздух или угольную кислоту, то,

очевидно, при горении винного спирта и масел должны образовываться вода и угольная кислота и общий вес этих веществ должен быть больше веса живительного воздуха, соединившегося со сгоревшей субстанцией» [23, с. 587—588].

Для определения элементного состава органического вещества Лавуазье сжигал его навеску в маленькой лампе, плававшей на поверхности ртути под колоколом, внутри которого находился кислород или воздух. По массе выделявшегося углекислого газа Лавуазье определил содержание углерода, а по массе образующейся воды — содержание водорода в анализируемом теле ⁴ [23, с. 357, 588—590].

Разумеется, описанная выше приборная реализация метода элементного анализа не обеспечивала высокой точности результатов (что, кстати, сознавал и сам Лавуазье [23, с. 594]). Кроме того, «при использовании большого избытка кислорода смесь становилась взрывоопасной, тогда как уменьшение его количества вело к неполному сгоранию образца» [26, с. 4]. Это, в свою очередь, ограничивало возможности метода. Однако, несмотря на все эти трудности, Лавуазье удалось во многих случаях правильно определить качественный состав ряда соединений, что было для того времени большим достижением.

Правда, иногда выводы Лавуазье носили не вполне последовательный характер (причем не только с ретроспективной точки зрения). Отчасти это происходило из-за неточности экспериментальных данных (например, отношение масс водорода и кислорода в воде он полагал равным 15:85 [23, с. 592], т. е. 1:5,7, а не 1:8) ⁵, а отчасти вследствие неправильных априорных предположений. Так, изучая горение спирта в кислороде, Лавуазье поначалу допустил, что сам спирт кислорода не содержит. Когда же выяснилось, что воды при сгорании спирта получается больше, чем должно быть по его расчету, то он принял, что вся «лишняя» вода отщепилась от спирта, в состав которого она входит подобно кристаллизационной воде в кристаллогидратах. В результате оказалось, что спирт — это соединение углеводородного фрагмента (радикала) с водой.

Несмотря на несовершенство экспериментальной методики, а в ряде случаев и известную логическую непоследовательность, Лавуазье сделал громадный шаг вперед в изучении состава органических веществ. Опираясь на новое понимание процессов горения (кислород «действует ... как начало нового соединения») [23, с. 319] ⁶ и новую иерархию состава соединений, Лавуазье предложил метод анализа, который позволял определить количественно основные элементы органических веществ. Преимущество такого подхода по сравнению с ранее использовавшимися методами деструктивной перегонки и экстракции заключалось прежде всего в том, что качественная определенность каждого элементарного компонента, выделяемого из состава сложного тела, как и его количество, не зависели от свойств элементов-партнеров, от условий анализа, от источника получения. Элементный анализ позволял выявлять и фиксировать части химического соединения, истинные инварианты его состава.

«Дуализм — унитаризм» — истоки коллизии

Полученные при проведении анализа органических соединений результаты поставили перед учеными новую проблему: каким образом «природа достигает со столь малым числом элементов или простых тел столь большого разнообразия результатов» [27, с. 90]? Действительно, как показали эксперименты, органические вещества «растительного и животного царств» в большинстве своем образованы тремя-четырьмя элементами (кислотообразующими основаниями, la base acidifiable): углеродом, водородом, кислородом, азотом (иногда еще фосфором) [27, с. 91]. Тем самым химия, да и вся наука в XVIII в., ориентированная ранее на выявление однозначных (а в элементарных процессах даже линейных) связей, столкнулась с иллюзорностью идеала абсолютной однозначности.

В принципе решить проблему генезиса свойств органических соединений в этой ситуации можно было двояко:

а) предположить, что то или иное свойство соединения обусловлено только его качественным и количественным составом. Различия же свойств двух соединений, образованных одними и теми же элементами, будут определяться лишь разницей процентного состава тел. При этом весь вопрос сведется к установлению прямо пропорциональной зависимости вида: относительное количество элемента А с набором свойств $\{a_i\} \propto$ интенсивность проявления свойств $\{a_i\}$ (примером может служить знаменитая корреляция Лавуазье: степень окисления $\propto$ кислотность [27, с. 203]), а каждое свойство соединения окажется своего рода средней суммой свойств образующих его качественно неизменных элементов сложного тела [27, с. 90];

б) допустить, что наряду с составом определяющим свойство фактором является также и «конституция» соединения (*la constitution*) [27, с. 99, 114], понимаемая как некое упорядоченное расположение или группировка элементов в целом.

Лавуазье попытался объединить оба пути. «Животные и растительные оксиды и кислоты, как показали ... наблюдения, — писал он, — разнятся между собою: 1) *по числу* кислотообразующих начал, из коих составлены их основания (т. е. радикалы. — И. Д., В. К.); 2) *по различию соотношений* этих начал и 3) *по различию степени их окисления*» [27, с. 147] (курсив наш. — И. Д., В. К.), т. е. исключительно по количественным характеристикам (см. также [22, с. 37—39]). Одновременно Лавуазье решительно выступил против концепции замкнутых групп элементов в соединениях: «Хотя все эти кислоты (растительного происхождения. — И. Д., В. К.) ... главным образом и почти исключительно состоят из водорода, углерода и кислорода, они, однако, не содержат, собственно говоря, ни воды, ни угольной кислоты, ни масла, но только начала (*les principes*), способные их образовать. Сила притяжения, с которой водород, углерод и кислород действуют друг на друга, в этих кислотах пребывает в состоянии равновесия, которое может существовать лишь при обычной температуре: стоит немного их нагреть выше температуры кипения воды, как равновесие нарушается: кислород и водород соединяются тогда с образованием воды; некоторое количество углерода соединяется с водородом, давая масло, образуется также углекислота ... и, наконец, почти всегда остается избыток углерода...» [27, с. 94]. Но в самом соединении «водород совершенно не соединяется ни с кислородом, ни с углеродом и наоборот, но молекулы (Лавуазье имеет в виду „простые и неделимые молекулы“, т. е. атомы. — И. Д., В. К.) этих трех веществ образуют тройное соединение, откуда происходит покой и равновесие» [27, с. 97]. Несколько ранее, в статье «Размышления о разложении воды растительными и животными субстанциями» (опубликована в 1786 г.) [23, с. 656—670], Лавуазье выразил эту мысль чуть иначе: «Эти начала *не соединены попарно* (*deux á deux*), но образуют *тройное соединение*» [23, с. 663] (курсив наш. — И. Д., В. К.).

Иными словами, в унитаризме Лавуазье сокрыта идея структурности, упорядоченности атомов, поддерживающей себя благодаря тонкому балансу сил сродства. Но достаточно сравнительно небольшого повышения температуры, чтобы разрушить всю эту равновесную конструкцию («*genverser tout ceta faillage de combinaison*» [27, с. 97]).

На первый взгляд все вышесказанное представляется несколько странным. Ведь, казалось бы, именно Лавуазье, с его кислородно-центристским подходом к широкому кругу химических проблем, с его идеей о том, что наличие кислорода в кислотах определяет их общие, родовые свойства (*genus*), тогда как неокислородный фрагмент кислоты обуславливает ее индивидуальные особенности [23, с. 259], должен был стать провозвестником химического дуализма. Однако в действительности ученый занял прямо противоположную позицию (по крайней мере, когда речь шла об органических телах). Почему? Что толкало французского химика к унитаризму?

Обратимся вновь к анализу статьи «Размышления о разложении воды...». «Я подверг перегонке .. растения, древесину нескольких сортов и заметил, что, во-первых, при каждой перегонке получалась смесь углекислого газа и горючего газа (водорода.— И. Д., В. К.); во-вторых, количество газообразного продукта сильно менялось в зависимости от вида растения ... и способа перегонки; в-третьих, в большинстве случаев пропорция углекислого газа и водорода была почти постоянной ... т. е. природа газообразных продуктов и их отношение были почти теми же, что и при простой перегонке воды с углем; в-четвертых, этих продуктов не было в растениях, содержащих масло как таковое (*toute formée*) (см. [27, с. 97].— И. Д., В. К.). При перегонке таких растений выделяется большой избыток водорода, который образуется не при разложении воды, но при разложении самого масла. Столь большое совпадение результатов говорит о наличии единой порождающей их причины.

С тех пор я уже более не сомневаюсь в том, что большая часть водорода и углекислого газа, выделяемая при перегонке растений на открытом огне, есть следствие разложения воды и что углистая материя существует в растениях как таковая, о чем я уже говорил, начиная с 1778 г. В перегонке растений под действием огня я теперь вижу не более чем игру сродства кислорода, входящего в состав воды и покидающего водород, чтобы соединиться с углем.

...Это новое доказательство того, что углекислый газ и большая часть водорода ... это результат разложения воды и что все количество первого продукта и по крайней мере основная масса второго не существуют в растениях ... до того, как их подвергают перегонке» [23, с. 660—662].

Основной мотив этой аргументации чисто количественный. Наблюдаемое соотношение углекислого газа и водорода не отвечало тому, которое должно быть при наличии в органических телах неэлементарных составных частей. Однако на самом деле оно было близко к соотношению CO_2 и H_2 , получаемых при взаимодействии паров воды с раскаленным углем⁷. Но более глубокие корни унитаризма следует, на наш взгляд, искать в представлениях Лавуазье о характере химического сродства в органических соединениях. Так, рассматривая причины, по которым водород при перегонке растительного сырья выделяется в свободном виде, а не в виде соединения с углеродом «масла», Лавуазье сделал важное замечание: «Для разрушения тройного соединения достаточно лишь самой умеренной (*très-médiocre*) степени тепла» [23, с. 667]. Как справедливо указал Мельхадэ [22, с. 135], Лавуазье, избегая аффинитарной терминологии, явно показывает, что силы сродства, действующие в органических веществах, крайне слабы. «Порядок, в соответствии с которым эти начала (т. е. углерод, водород, кислород.— И. Д., В. К.) соединяются друг с другом» [23, с. 663], обусловлен таким расположением «молекул элементов», т. е. атомов, при котором эти слабые силы химического сродства уравновешены. Небольшое изменение температуры или воздействие внешнего тела легко нарушает это неустойчивое равновесие, в результате чего соединение распадается на те или иные продукты (см. выше). Например, «когда окисляется спирт, то сначала образуется вода соединением его (т. е. спирта.— И. Д., В. К.) водорода с добавляемым кислородом, вследствие чего отношение водорода к углероду ... изменяется и именно это изменение в пропорциях ведет к образованию сперва эфира, а при дальнейшем окислении — щавелевой кислоты, укусной кислоты и т. д.» [23, с. 667].

Иными словами, каждому индивидуальному органическому соединению соответствует определенное количественное отношение элементов⁸. Французский ученый, во многом чуждый умозрительных построений, не допускающих экспериментальной проверки, избегал обсуждения моделей «конституции растительных и животных тел» [27, с. 89], ограничившись констатацией двух моментов — отсутствием в этих телах «попарного соединения элементов» и указанием роли количественного фактора [23, с. 656—670].

До сих пор мы акцентировали внимание на унитаристском характере представлений Лавуазье о «конституции» органических соединений. Однако унитаризм французского химика при тщательном изучении его работ представляется не вполне последовательным; он обнаруживает некий оттенок дуализма. Так, например, в уже упомянутой II главе «Начального курса» (имеющей, кстати, характерный заголовок: «Замечания об оксидах и кислотах нескольких оснований и о составе растительных и животных веществ»), читаем: «Все кислоты этого (т. е. растительного.— И. Д., В. К.) царства в качестве основания имеют водород и углерод, иногда водород, углерод и фосфор, и все они соединены с кислородом в большем или меньшем отношении. Растительное царство включает также окислы, которые образованы теми же двойными и тройными основаниями, но менее окисленными (*moins oxygénés*)» [27, с. 91]. Другими словами, органические кислоты, по Лавуазье, состоят из сложного, *n*-элементного фрагмента (радикала) и кислорода. Причем в радикале элементы «соединены вместе так, чтобы образовать лишь одно основание»⁹ [27, с. 92]. Подобное дуалистическое представление органических соединений (радикал + кислород) проявилось и в номенклатуре (*oxide hydro-carboneux*, *oxide hydro-carbonique* и т. д. [27, с. 92]).

Мельхадю связывает дуализм Лавуазье с поисками им аналогии в составе органических и неорганических тел [22, с. 139—140]. По нашему мнению, причина некоторой непоследовательности во взглядах французского химика (сильный акцент на унитарной организации органической материи, с одной стороны, и отстаивание «двухкомпонентной теории» органических соединений — с другой) лежит глубже и органически связана с общеметодологическими проблемами века Просвещения, в частности с двойственным пониманием природного объекта.

Уже на ранних этапах становления химической науки, по мере накопления фактического материала о разнообразных химических соединениях формировалась потребность их классификации по тем или иным общим признакам. Это в свою очередь предполагало установление относительных характеристик сопоставляемых веществ, без чего соотнести их друг с другом было бы практически невозможно. В то же время объекты, поставленные в некое отношение, обнаруживают такие характеристики, которые не выявляются при рассмотрении их безотносительно друг к другу. Элементаристские химические теории использовали два типа отношения — межэлементные (внутри соединения) и отношения соединений между собой.

В случае, когда химический индивид рассматривался сам по себе, унитаристские концепции оказывались, как правило, вполне адекватными. В случае же соотнесения сложных тел друг с другом (мысленного — в пределах классификационной схемы, или реального — в химической реакции) возникала необходимость их композиционного расчленения (т. е. расчленения по составу) на фрагменты, отвечающие двум типам свойств, т. е. общим, родовым, свойствам данного множества соединений и индивидуальным свойствам каждого химического индивида (типичный пример — кислородная теория Лавуазье, см. выше). Не случайно поэтому ни Лавуазье, ни позднее, в 1830—1840-х годах, не удалось построить последовательную унитарную теорию: как только возникала необходимость в сопоставительном анализе свойств, у исследователей «срабатывала» интуиция, допускающая расчленение соединения на части, которые можно рассматривать почти не зависимыми друг от друга. Это приводило впоследствии к появлению различных теорий: теории радикалов в начале XIX в., методов валентных связей и локализованных молекулярных орбиталей в современной квантовой химии.

До тех пор, пока речь шла о составе и свойствах отдельного индивидуального соединения, достаточно было ограничиться констатацией того, что «простые и неделимые молекулы (атомы.— И. Д., В. К.) этих трех веществ (углерода, кислорода и водорода.— И. Д., В. К.) образуют тройные соединения, откуда

происходит покой и равновесие» [27, с. 97]. «Покой и равновесие» характеризуют, по мнению Лавуазье, соединение как единое целое, а не как простое объединение отдельных частей. Но как только вопрос касался сопоставительного анализа состава и свойств веществ, сразу же появлялась потребность выделения в них отдельных групп элементов, несущих определенную функциональную нагрузку.

Все это и обусловило двойственную позицию Лавуазье при интерпретации им аналитических данных элементного состава органических соединений.

В дуализме Лавуазье, как и в дуалистических концепциях первой половины XIX в.: окисдно-радикальной (И. Берцелиус), этериновой (Ж. Дюма), этильной (Ю. Либих) и др., четко прослеживаются многие важные черты структурного подхода к рассмотрению природы химических соединений.

Химики в конце XVIII — первой половине XIX в. искали такие способы мысленного расчленения сложного вещества, при которых функциональные характеристики получаемых таким образом веществ оказывались бы стабильными и неизменно переносились из одного соединения в другое.

В итоге химик имел дело *уже не* с зависимостью «состав — свойство» в ее чистом виде, а с некой внутренней (внутримолекулярной) упорядоченностью атомов элементов особого рода, которые мы будем называть «композиционной структурой» соединения. Этот термин указывает на связь данной структуры с составом соединения (composition — состав, компоновка) и тем самым отличает данный тип структуры от появившихся позже других — топологической (А. М. Бутлеров и др.—1860-е годы), пространственной (Я. Г. Вант-Гофф, 1870-е годы) и т. д. Композиционная структура соединения не связана с рассмотрением распределения «дискретных единиц» срoдства между атомами, а выделяет только функционально-значимые группировки атомов в молекуле. Каждый тип структуры отображает и объясняет свойства соединений с различной степенью детализации.

Поэтому распространенное в историко-научной литературе мнение, будто классическая химия знала две формы решения проблемы генезиса свойств веществ (либо через раскрытие взаимосвязи «состав — свойство», либо через соотнесение понятий широко известной триады: «состав — структура — свойство»), представляется нам весьма спорным. В рамках такого спорного рассмотрения истории химии ранние дуалистические теории трактуются как проявление «излишне расширенного понимания» состава вещества [28, с. 25], а история органической химии делится на структурный и дoструктурный периоды [29, с. 6—8].

На наш взгляд, правильнее было бы видеть в дуалистических концепциях конца XVIII — первой половины XIX в. самостоятельную стадию развития представлений о структуре химических соединений. При этом, как было показано выше, уже в творчестве Лавуазье мы находим не только истоки последующих фундаментальных концепций теоретической химии, получивших наибольшее развитие именно в связи с изучением органических соединений, но и программу дальнейших исследований, важнейшим пунктом которой было выяснение количественных межэлементных отношений в органических веществах.

¹ Углекислый газ образуется и в других органических и биохимических реакциях; некоторые из них изучались Лавуазье, например, спиртовое брожение сахара.

² Впоследствии Лавуазье назвал «связанный воздух» сначала «воздухообразной меловой кислотой» (l'acide crayeux aëriiforme) [23, с. 179], а затем «угольной кислотой» (l'acide du charbon, l'acide carbonique) [23, с. 403, 656].

³ Лавуазье различал два углеродсодержащих вещества — «la substance (matière) charbonneuse» и «le charbon». Только первое относилось к числу простых тел [23, с. 404]. Впоследствии, после разработки новой номенклатуры в химии (1787 г.) [25], простое вещество углерод стали обозначать термином charbon.

⁴ Например, процентный состав винного спирта, по данным работы [29, с. 586—600], таков: 28,5% С, 15% Н и 56,5% О, тогда как в действительности этанол содержит 52,2% С, 13% Н и 34,8% О. Лавуазье приводил состав спирта по углероду, водороду и воде, но для удобства сопоставления мы пересчитали его на элементы.

⁵ В качестве единиц измерения массы Лавуазье использовал не граммы, а старинные торговые меры: фунты, унции, драхмы, граны [10, с. 60].

⁶ Заметим, что Лавуазье постепенно расширял понятие «горение», подводя под него не только процессы взаимодействия тел со свободным кислородом, но и с кислородсодержащими соединениями, наделенными окислительными свойствами, т. е. способными отщеплять кислород.

⁷ Зафиксировать образование СО в этой реакции Лавуазье не мог.

⁸ А также специфическое равновесное расположение «частиц» в пространстве.

⁹ Вводя понятие о радикале, Лавуазье ссылался на Гитона де Морво. Однако, как показал Мельхад, понятие о радикале до Гитона использовал Т. Бергман [22, с. 70—71].

Литература

1. *Crosland M. P.* The development of chemistry in the eighteenth century // *Studies on Voltaire and the eighteenth century*. 1963. V. 24. P. 369—441; *Idem.* Lavoisier's theory of acidity // *Isis*. 1973. V. 64. № 223. P. 306—326.
2. *Guerlac H.* Lavoisier — the crucial year. The background and origin of his first experiments on combustion in 1772. Ithaca; N. Y., 1961.
3. *Kohler R. E., Jr.* The origin of Lavoisier's first experiments on combustion // *Isis*. 1972. V. 63. № 218. P. 349—355; *Idem.* Lavoisier's rediscovery of the air from mercury calx: a reinterpretation // *Ambix*. 1975. V. 22. Pt. I. P. 52—57.
4. *Siegfried R.* Lavoisier's view of the gaseous state and its early application to pneumatic chemistry // *Isis*. 1972. V. 63. № 216. P. 59—78; *Idem.* Lavoisier's table of simple substances: its origin and interpretation // *Ambix*. 1982. V. 29. Pt. I. P. 29—48.
5. *Siegfried R., Dobbs B. J. I.* Composition, a neglected aspect of the chemical revolution // *Ann. Sci.* 1968. V. 24. № 4. P. 275—293.
6. *Melhado E. M.* Chemistry, Physics and the Chemical Revolution // *Isis*. 1985. V. 76. P. 195—211.
7. *Perrin C. E.* Prelude to Lavoisier's theory of calcination: some observation on Mercurius calcinatus per se // *Ambix*. 1969. V. 16. № 3. P. 140—151; *Idem.* Lavoisier's table of the elements: a reappraisal // *Ibid.* 1973. V. 20. № 2. P. 95—105.
8. *Gough J. B.* Nouvelle contribution à l'étude de l'évolution des idées de Lavoisier sur la nature de l'air, et sur la calcination des métaux // *Arch. internat. histoire sci.* 1969. An. 29. № 88—89. P. 267—275; *Idem.* The origins of Lavoisier's theory of the gaseous state // *The analytic spirit. Essay in the history of science.* In honor of Henry Guerlac / Ed. Woolf H. Ithaca; L., 1981. P. 15—30; *Idem.* Lavoisier's memoirs on the nature of water and their place in the chemical revolution // *Ambix*. 1983. V. 30. № 2. P. 89—106.
9. *Holmes F. L.* Lavoisier and the Chemistry of Life: An Exploration of Scientific Creativity. Madison, 1985.
10. *Дорфман Я. Г.* Лавуазье. М., 1962.
11. *Маркс К., Энгельс Ф.* Соч. 2-е изд. Т. 20.
12. *D'Alembert J. L.* Discours préliminaire de l'Encyclopédie. P., 1910.
13. *Mirabaud (псевдоним П. Гольбаха).* Systeme de la Nature, ou des lois du Monde Physique et du Monde Morale. Pt. 1. Londres, 1781.
14. *Библер В. С.* Век Просвещения и критика способа суждения. Дидро и Кант // *Западноевропейская художественная культура XVIII в.* М., 1980.
15. *Cassebaum H., Kauffman G. B.* The analytical concept of a chemical element in the work of Bergman and Sheele // *Ann. Sci.* 1976. V. 33. № 5. P. 447—456.
16. *Fichman M.* French Stahlism and chemical studies of air, 1750—1770 // *Ambix*, 1971. V. 18. № 2. P. 94—122.
17. *Macquer P. J.* Elémens de chymie théorique. P., 1751.
18. *Macquer P. J.* Dictionnaire de Chymie. T. 2. P. 1766.
19. *Le Grand H. E.* A note on fixed air: the universal acid // *Ambix*. 1973. V. 20. № 2. P. 88—94.
20. *Wertime T. A.* The discovery of the element carbon // *Osiris*. 1954. V. 11. P. 211—220.
21. *Крицман В. А.* О работах А. Лавуазье по органической химии // *Очерки по истории органической химии.* М., 1977. С. 5—20.
22. *Melhado E. M. Jacob Berzelius.* The Emergence of his chemical system. Stockholm, 1981.
23. *Lavoisier A. L.* Oeuvres. T. II. Memoires de chimie et de physique. P.; 1862.
24. *Berthelot M.* La révolution chimique. Lavoisier. Ouvrage suivi de notices et extraits des registres inédits de laboratoire de Lavoisier. P., 1890.
25. *Lavoisier A. L., Guyton de Morveau L. B., Berthollet C. L., Fourcroy A. F. de.* Méthode de nomenclature chimique. P., 1787.
26. *Физер Л., Физер М.* Органическая химия. Т. 1. М., 1969.
27. *Lavoisier A. L.* Oeuvres. T. I. P., 1864.
28. *Добротин Р. Б.* Состав—структура—процесс. Историко-методологический анализ. Л., 1984.
29. *Быков Г. В.* История органической химии. Структурная теория. Физическая органическая химия. Расчетные методы. М., 1976.