

# Общие проблемы развития науки и техники

ВИКТ. П. ВИЗГИН

## НАУЧНАЯ РЕВОЛЮЦИЯ В ХИМИИ: ФАКТОРЫ ЗАПАЗДЫВАНИЯ

XVII век — век научной революции, но, как показывает история, не для химии. Почему? Вот тот основной вопрос, который мы бы хотели прояснить, не претендуя при этом на полноту и бесспорность анализа. Наш подход к проблеме химической революции носит скорее «концептуальный», чем «генетический» характер\*, так как за эпистемологическим «кадром» анализа в историческом плане мы, по сути дела, ограничиваемся сравнением химии Бойля с химией Лавуазье, вынося «за скобки» развитие химии в XVIII в., без рассмотрения которого не мыслима «генетическая» историко-научная реконструкция такого события, как возникновение химии Лавуазье.

### Методологический барьер становления научной химии

Мысль о том, что историческое запаздывание (относительное) научного созревания химии обусловлено ее методологической спецификой, была высказана Э. Кассирером. Кассирер считал, что идеал научности у разных наук один и тот же, а именно — подчинение математической дедукции эмпирических фактов. Этот идеал, значимый для естествознания в целом, наилучшим образом осуществлен в математической физике. По Кассиреру, химия его времени (начало XX в.) в ряде случаев уже достигла той же самой эпистемологической зрелости, что и физика. Это, считает философ, видно по таким количественно сформулированным законам химии, как правило фаз Гиббса или закон действия масс. Различие между физикой и химией, таким образом, не в самом идеале научности, общем для обеих наук, а в том, насколько полно он воплощен в реальность. Процесс научной рационализации химии, считает Кассирер, задержался по сравнению с физикой потому, что эмпирический материал химии менее «податлив» для своего рационального, т. е. математико-дедуктивного, оформления [14, с. 266]. В чем же конкретно видит философ причины этой меньшей «податливости»? В том, что если физика имеет своим предметом «чистые понятия о законах», то в химии объектом исследования выступают не столько общие законы, сколько индивидуальные вещества и их свойства. Иными словами, в логической структуре предмета химии категория особенного (и индивидуального) оттесняет категорию всеобщего, выдвигаясь на первый план. Если с таким анализом в целом и можно согласиться, то с выводами Кассирера об отсутствии у химии своей эпистемологической специфики, на наш взгляд, согласиться уже нельзя.

Действительно, как можно, определив специфику химического эмпирического материала, а тем самым в значительной степени и самой химии, сводить ее, по сути дела, к исторической акциденции, устраняемой за счет более длительного, но в принципе эпистемологически однородного, процесса рационализации? На наш взгляд, действительно существует достаточно общий уровень анализа, на

\* Эти два подхода к проблеме химической революции классическим образом представлены работами Г. Герлака («генетический» подход) и Э. Мецже («концептуальный» подход) [11, с. 76].

котором методологические идеалы у физики и у химии совпадают. Но это не отменяет и явных различий этих двух наук на других уровнях, более, так сказать, специальных. Хорошим историческим аргументом в пользу этого тезиса служит то, что химики XVII—XVIII вв., как правило, держались в стороне от механокорпускулярных схем, осознавая их стерильность при рассмотрении конкретных химических проблем, рождаемых практикой лаборатории. Именно поэтому в химии и в XVIII в. не исчезает квалитивистский элементаризм (обновившийся в этом веке, кстати, в известной мере именно благодаря развитию механокорпускулярных представлений).

Позиция Кассирера остается весьма распространенной и в наше время. Этому в немалой степени способствовали успехи в развитии физической и квантовой химии. Такая позиция, как мы уже сказали, формируется на весомых как логических, так исторических основаниях. Высказывая свою точку зрения о генезисе научной химии, Кассирер писал: «У колыбели новой химии стоит здесь — как она стояла и у колыбели новой физики — общая пифагорейская концепция о гармонии всего. В этом отношении Рихтера ... можно сравнить с Кеплером» [14, с. 268]. В качестве примера распространенности этой позиции среди современных ученых рассмотрим взгляды Э. Фарбера, историка химии, выступившего со своей концепцией ее развития на XII Международном конгрессе по истории науки.

Рассматривая разные типы революций в химии и выделяя при этом такие события в ее истории, как переход от алхимии к иатрохимии, создание новой системы химии Лавуазье, открытие радиоактивности, Фарбер обращает внимание на иной тип революций в химии: «Но есть еще и другой тип революций в химии, требующий большего времени и протекающий в несколько стадий. Величайшей революцией этого типа является переход от персонализированных агентов, называемых химическими принципами, к объективным законам, конституирующим принципы химии. Начало этой революции положено Анаксимандром, объявившим, что мы должны идти от качества к *ολεγον*, а также и Пифагором, который считал, что „все есть число“» [4, с. 35].

Самой общей и глубокой, по Фаберу, тенденцией развития химии в крупномасштабном историческом плане оказывается ее квантификация, состоящая в замене качественно определенных элементов («химических принципов») количественно формулируемыми законами («принципы химии»). Общие символы, как говорил Фарбер, замещают имена конкретных веществ. Их качества при этом приобретают характер количественно вычисляемых свойств, таких, например, как теплоты образования соединений, их спектры и т. п. Присущий химии с античности качественный элементаризм заменяется, таким образом, количественно рассчитываемыми структурами.

Физикалистский редукционизм по отношению к химии как самостоятельной дисциплине имеет основания. Однако история становления научной химии в XVII—XVIII вв. показывает, что без четкого осознания именно автономии химии, без ясной демаркации физических и химических свойств создание новой системы химии Лавуазье было бы невозможным.

Мы принимаем в целом идею Кассирера об эпистемологических предпосылках западывания химической революции. Однако мы не можем принять их сведение к логико-методологической «отсталости» химии. На наш взгляд, эпистемологические факторы не могут рассматриваться в изоляции от исторического социокультурного контекста науки. Поэтому анализируемые нами здесь предпосылки по сути являются историко-эпистемологическими.

## Научная революция XVII в. и химия

Революция в науке XVII в. описана и изучена с разных сторон, в том числе и как революция методологическая [3, с. 24]. Да, это действительно была общенаучная методологическая революция. Однако новая универсально значимая когнитивная программа материализовалась в ходе своего генезиса как специаль-

ное научное знание в механике, космологии, астрономии. Ситуация такова, что *особенное* научное знание непосредственным образом выступило в качестве *всеобщей* научной парадигмы. И те сектора знаний, где это совпадение произошло, оказались, естественно, в привилегированной позиции по отношению ко всем прочим знаниям — биологическим, физиологическим, медицинским, химическим... Этот частный статус новой универсальной научной ментальности возникает вместе с коперниканской революцией. «Основы новой астрономической теории мира, — справедливо подчеркивает Ольшки, — стали универсальным метафизическим и этическим принципом всех мыслящих и действующих людей» [17, с. 61]. Драматическая история математизации неба, захватив стараниями и гением Галилея и землю, действительно стала всемирно-историческим событием. На первый план в новой системе ценностей выдвигается не общее рассуждение, а точный анализ фактов. «Найти даже простую истину, — говорит Галилей в письме Кампанелле, — гораздо важнее, чем обстоятельнейшим образом спорить о самых высоких материях, не добившись вообще какой-либо истины» [5, с. 738]. Эта установка Галилея — основа нового научного духа. Однако ее окончательное утверждение в химии займет почти на два столетия больше времени, чем в астрономии и механике. Лавуазье, положение которого в истории химии (*mutatis mutandis*) аналогично месту Галилея в истории механики, сознательно уходит от споров о последних основаниях химии, о числе и характере химических элементов. Он отказывается строить всеохватывающую, космологически значимую систему химии, чем, кстати, отличались химики-теоретики XVII в. Однако, отказываясь от претендующих на универсальность схем, он количественно строго анализирует тот эмпирический материал, который он может получить в своей лаборатории. Вот как сам Лавуазье оценивает идущее от античности умозрительное учение об элементах: «Все, что можно сказать о числе и свойствах элементов, сводится, по моему, к чисто метафизическим спорам, это неопределенные проблемы, к которым люди берутся разрешать, но которые допускают бесчисленное множество решений и относительно которых можно с большой вероятностью утверждать, что ни одно из них не согласуется с природой» [15, с. 74].

Такая установка расходится не только с перипатетической доктриной, но и с новой механической философией — ее непримиримым противником. Поэтому критика, адресованная Декартом Галилею, вполне могла быть отнесена и к новым химикам, прежде всего, к Лавуазье\*. При этом надо еще учесть и то, что разрыв между химией и механистической метафизикой, в частности картезианского толка, еще значительнее анализированного дистанцирования механики, которую профессионально представлял Галилей (физика, условно говоря, занимает в этом плане промежуточную позицию). Это не могло способствовать быстрому превращению химии в науку, равнопорядковую с механикой. Химия для этого должна была не только пропитаться духом механистических философий, ставших знаменем передовых людей Нового времени, но она должна была еще, увидев их, увы, беспомощность в теоретической рационализации химической практики, выработать собственные теории, достаточно эффективные в объяснении своего эмпирического материала. И, наконец, формирование научной химии оказалось таким «затянувшимся» еще и потому, что первая, собственно химическая, объясняющая множество эмпирических фактов теория, — теория флогистона Штала — оказалась, как это выяснилось (причем, далеко не сразу), несостоятельной. Химия взяла барьер научности, так сказать, только со второй попытки.

В истории механики тоже были смелые попытки создания не-перипатетической динамики. Но они предпринимались значительно раньше, чем аналогичные попытки в химии. Старт механики к науке вообще проходил, так сказать, с большей «фóрой», если сравнивать генезис этих двух наук. Существенно то обсто-

\* В письме Мерсенну Декарт писал о Галилее: «Не исследуя первопричину природы, он искал оснований только отдельных явлений» [17, с. 85—86].

ительство, что химия, в отличие от механики, не знала своего Архимеда и, соответственно, традиции, аналогичной архимедовой. Но мы знаем, что Галилей, основоположник научной динамики, сознательно следует именно по архимедовскому пути. Трамплина такой высоты химия XVII в. просто не имела.

Как и Галилей, а в его лице механика начала XVII в., химия могла опереться в своем отталкивании от химического перипатетизма на возрождающуюся традицию античного атомизма, но не более того. Атомистика же XVII в. в ее преобладающей, механицистской версии, как мы уже сказали, не могла привести к эффективной, специфически химической теории. В истории химии этого периода действуют разные традиции. Среди них традиция механокорпускулярной натуральной философии, с одной стороны, и традиция технической химии и экспериментальных лабораторных исследований, с другой. Кроме того, в этот период живы были и традиции, идущие от алхимического, иатрохимического и перипатетического прошлого. Все эти традиции могли эффективно взаимодействовать друг с другом, трансформироваться и адаптироваться к растущему объему и меняющемуся качеству эмпирического материала только тогда, когда возникли институционально оформленные ячейки роста, кумуляции и трансляции химических знаний на экспериментальной основе. Одной из таких ячеек выступил Королевский ботанический сад в Париже, в рамках которого в конце XVII в. были созданы две химические кафедры наряду с ранее существовавшими кафедрами по ботанике и анатомии. По оценке одного из современных исследователей, развивающаяся на базе этого учреждения химия «долгое время примыкала к галенистской фармакопее, но преподавание, начатое Дависоном, которому факультет медицины грубо, но, впрочем, напрасно противился, привело к созданию экспериментальной науки, возникшей на руинах старой алхимии» [8, с. 312]. Кстати, демонстратором Королевского сада был и Г. Руэль, учитель химии Лавуазье.

Конечно, и на английской почве, например, в рамках кружка Хартлиба, а затем и Королевского общества, химическая лаборатория соединялась с химическим умозрением преимущественно механокорпускулярного толка. Правда, контакты с алхимией сохранялись, так что при этом вырабатывалась особая, химическая, алхимия.

Выше мы уже говорили о том, что химическая реальность, сам предмет химического познания отличается от реальности астрономической или механической. В частности, звезды издавна воспринимались как естественные объекты математического описания, чего нельзя сказать о химических субстанциях. Убеждение в постоянстве неба выразилось в вере в его особую, божественную, природу. Это убеждение отразилось и на перипатетической теории вещества: пятым элементом у Аристотеля был эфир, вещество на грани невещественности из-за своей совершенной, а тем самым недоступной изменению природы. В химии же четырех стихий, напротив, все подлежит изменению, вещества превращаются друг в друга, демонстрируя тем самым свое несовершенство. Как верно схвачено в перипатетическом элементаризме, фундамент химической реальности складывается из конечного множества простых разнокачественных субстанций. Создать строгую теоретическую модель такой реальности, видимо, труднее, чем точно описать движения небесных тел, создав для этого соответствующие теоретические идеализации, «уранизирующие», так сказать, наш бренный земной мир (что и было сделано Галилеем).

К факторам эпистемологического характера, обуславливавшим относительное запаздывание химической революции, можно присоединить и ряд факторов социокультурного характера. Недооформленность, или, так сказать, недоопределенность химии XVII в. на когнитивном уровне, дополнялась тем, что и социальные матрицы генезиса химических знаний, а именно институциональные формы, системы коммуникации и трансляции этих знаний не были еще в XVII в. таковыми, чтобы на их базе интеллектуальная эволюция пошла бы быстрее, позволив химии уже в этом веке достичь порога научности. Действительно, технические отрасли химии в XVII в. были еще слишком эмпирическими и если в них и присутство-

вало какое-то теоретизирование, то оно, как правило, повторяло традиционные алхимические или иатрохимические представления. Но и другая линия развития химии, намеченная натуральной философией с высокой культурой экспериментальных исследований и применением физических методов, также не могла привести к революции в химии в силу того, что господствующий в ней механистический корпускуляризм сам по себе не мог дать адекватный химической эмпирии унифицирующий ее теоретический синтез. И только тогда, когда возникнет социокультурное пространство, способное обеспечить эффективное взаимодействие этих разошедшихся в XVII в. основных линий развития химии, только тогда тот самый методологический идеал знания, который воплощал в своих открытиях Галилей, станет рабочим инструментом химии, позволяющим прочно устанавливать простые истины о малых вещах, не слишком заботясь (вспомним еще раз Галилея) о «высоких материях», но и не впадая при этом в «ползучий эмпиризм». И поэтому совсем не случайно Д. И. Менделеев сопоставил Лавуазье именно с Галилеем, добавив при этом, что тоже справедливо, и имя Ньютона. Простые истины о сугубо частных вопросах, твердо установленные французским химиком XVII в., очень быстро обернулись новой универсальной системой химии. Если путь к «химическому Галилею» оказался куда более долгим, чем путь механики к ее преобразованию в лице великого флорентийца, то путь к ньютоноподобному синтезу в химии был несравненно короче аналогичного пути в истории механики. И это понятно, так как в Лавуазье соединились аналоги обеих фигур.

Подводя итоги нашему анализу некоторых историко-эпистемологических причин запаздывания революции в химии, мы бы повторили, что свершившейся в XVII столетии революции в механике, сразу сформулированной и осознанной ее творцами в ее универсальном значении, оказалось явно недостаточно для создания в химии новой, собственно химической, когнитивной структуры, которая бы сообщила химическим знаниям, формируемым на ее основе, равноценный с механикой статус научности. Для этого химии необходимо было выработать своеобразную переходную структуру, позволяющую понятиям отвлеченного корпускуляризма придать четкий, экспериментально значимый химический смысл. Созданная в поисках такой когнитивной структуры первая универсальная теоретическая химическая система — доктрина Штала — оказалась для выполнения этой стержневой для развития химии задачи, хотя и весьма эффективной\*, но, пусть это и звучит несколько парадоксально, слишком уж «химической», слишком квалитативистской и, главное, слишком противоречивой как в отношении внутренней когерентности, так и по отношению к экспериментальным фактам, для того, чтобы стать основой для новой химии.

Нужная структура была создана на основе тщательного, количественно фиксируемого проведения некоторых локальных экспериментов, ориентированных прежде всего на изучение прокаливания металлов и процессов горения и использующих достижения бурно развивающихся химии и физики газов. Искомая структура научной химии складывалась постепенно. Завершающим этапом в ее формировании стали количественные законы химии, начиная с закона постоянства веса веществ, участвующих в химической реакции (закон сохранения материи), ставшего краеугольным камнем химии Лавуазье.

### Алхимический барьер

Одним из факторов запаздывания химической революции можно считать удивительную устойчивость алхимического мышления. Проблема связей алхимии с химией достаточно сложна, чтобы представить ситуацию с алхимией в XVII в. в краткой характеристике. Можно лишь с уверенностью сказать, что алхимиче-

\* Дж. Б. Гауф говорит о «революции Штала», завершающей стадией которой явилась химия Лавуазье [6, с. 15, 31]. Тезис о революции в химии, совершенной Лавуазье, при этом отвергается.

ское мышление, язык и воображение представляют собой устойчивые ментальные структуры, способные к реанимации в ответ на новые вызовы социокультурного и психологического плана. Реформация в Европе подстегнула угасавший интерес к алхимии, но вместе с тем она же и ускорила процесс ее химизации, или «кларификации», как говорит Доббс [7]. В ходе этого процесса алхимическое мышление во многом утрачивает свои прежние позиции, но при этом его символика частично сохраняется, выступая теперь по преимуществу как условный язык химии, метафоричность которого осознается. Впрочем, вместе с тем сохраняются и некоторые фрагменты алхимической картины мира. Алхимия всегда так или иначе рационализировала (псевдорационализировала) трансмутационный миф, лежащий в ее основании. Его теоретической рационализации способствовало представление о «первичной материи», по отношению к которой все вещества оказываются акциденциями, способными переходить друг в друга. Перипатетический иерархизм, а также и платонизм давали дополнительные средства для такой рационализации, способствуя, напротив, установлению шкалы совершенства для различных тел. Существовали и другие, так сказать, эмпирические рационализации трансмутационной веры. Одна из них, например, основывалась на том факте, что благородные металлы в природе нередко смешаны с неблагородными. Если учесть слабое развитие аналитических методов исследования веществ, то становится понятной возможность оправдания превращения неблагородных металлов в благородные. Даже механокорпускулярные учения, выступавшие как наиболее непримиримые противники алхимии, снабжали ее новыми оправданиями. Не отвергал идеи трансмутации и Бойль, полагая ее возможной в силу того, что в основе Вселенной, как он считал, лежит единая *Catholick Matter* (Всеобщая материя) [2, с. 223].

Подобное механокорпускулярное оправдание трансмутации металлов разделял и Ньютон, отдавший алхимическим исследованиям много лет упорного труда. Тем не менее, механицизм, в частности картезианский, нанес ощутимый удар по традиционным вариантам трансмутационного мифа. Действительно, новая механистическая философия устранила онтологический, а вместе с ним космологический и физический иерархизм: одно сочетание корпускул ничуть не менее и не более совершенно, чем любое другое. «Что касается различий между металлами, — говорит известный пропагандист картезианства Роо, — то вообще следует сказать, что они состоят в том, что их первые части обладают различной величиной, массой и различными формами» [12, с. 187]. Очевидно, что одна величина, протяженность или масса по своему количественному смыслу ничуть не лучше, чем другая. Материя в ее механистическом истолковании, будучи однородной, лишена иерархии. Количественный язык, в том числе и геометрический, как базовый язык механистической науки, не нуждается для своего функционирования в идее совершенствования. И если алхимики, как справедливо отмечает Э.Мецже, «предполагали в природе тенденцию к совершенствованию, то корпускуляристы считали природу неизменной во времени» [9, с. 133].

Алхимические занятия Ньютона показывают, что алхимический трансмутационизм лучше стыкуется с неоплатонизмом (принципы которого в кембриджской редакции разделял великий ученый), чем с картезианством. Позиция картезианца Н. Лемери, непримиримого противника алхимии, подтверждает такой вывод. Что же касается Ньютона, то он пытался объединить алхимию и механистическую натуральную философию. Для этого он использовал неоплатоновские понятия, как, например, «универсальный дух», служащий источником своеобразия всех форм материи, а также концепцию активных начал, действующих, например, в магните. Существенной в теоретической химии Ньютона была также идея универсального посредника, позволяющего растворять нерастворимое, осаждаемое и т. п. Характерно корпускулярное обоснование этой идеи: такой посредник состоит из частиц промежуточных размеров по сравнению с частицами веществ, фиксирующих указанные противоположности. Ньютонское понятие силы вводило в онтологию его механики, по сути дела, также своего рода алхи-

мическое активное начало. Кстати, представление об активных и пассивных началах было достаточно распространенным в химии XVII в.

Важной для химической картины мира Ньютона была идея ферментации как продуктивного «брожения». Ньютон писал: «Природа как целое, может быть, не что иное, как эфир, конденсируемый началом ферментации (Fermental principle)» (1675 г., цит. по [7, с. 231]). Ньютон считал, по-разному в разное время пробаывая эту идею, что весь видимый мир порожден конденсацией и ферментацией некоторого исходного простого материала. Так, пары, восходящие от светила, считал он, могут конденсироваться в «воду и влажные спирты», а затем, благодаря ферментации, во все более и более плотные тела. Химическая алхимия Ньютона показывает значимость герметической философии (алхимиков XVII в. называли герметическими философами) как генератора нестандартных идей, могущих (при определенных условиях) войти в состав новой науки. Активные начала герметизма, истолкованные Ньютоном как силы притяжения, послужили основой для его синтетических планетарно-химических построений, с единой точки зрения представляющих устройство и неба, и скрытых недр земли. Эта корпускулярно-механистическая жизнь старых алхимических представлений, наблюдаемая в творчестве величайшего ученого этого времени, наглядно демонстрирует неготовность науки XVII—XVIII вв. расстаться с некоторыми характерными для них ментальными схемами. Эти схемы выступают как эпистемологический барьер, по крайней мере, с того времени, когда в науке начинает действовать программа математического экспериментального естествознания.

Химия в XVII столетии так и не стала наукой в полном смысле слова. Да, она составила часть общего процесса преобразований традиционных знаний в новую науку и сама при этом существенно изменилась. Однако наукой не стала. И это несмотря на достигнутое ею к концу века более глубокое понимание химического соединения, развитие представлений об анализе и тестировании веществ, улучшение химической классификации, попытки объяснения химических реакций. Эти достижения указывают на формирование нового образа химии, развивающейся со второй половины XVIII в. под воздействием натуральной философии, выдающимся представителем которой был Р. Бойль. Но и, можно сказать, революционная натуральная философия Бойля (конечно, не только его одного), хотя и изменила химию, но не смогла превратить ее в науку. Почему?

Рассмотрим вклад Бойля, постараясь при этом прояснить причины его недостаточности для превращения химии в науку к концу XVII в. Бойль отказывается от оправдания химии исключительно ее полезностью. Он считает, что химия важна потому, что дает всему естествознанию «материалы для экспериментальной истории природы, на которой со временем может быть построена прочная теория» [1, с. 64]. Эту мысль Бойль высказывает в письме к одному своему другу, допытывающемуся у него, почему же он, столь давно работая в химии, получил так мало новых лекарств и открыл так мало полезных процессов для металлургии. На это Бойль ему ответил, что его цель — культивирование естествознания (включая химию) как самостоятельной ценности.

Ясное осознание теоретической ценности химических экспериментов обнаруживается у Бойля, например, в его отношении к спагирикам.\* Их он называет «иррациональными операторами». «Их эксперименты, — говорит Бойль, — могут быть полезны для аптекарей и, возможно, врачей, но бесполезны для философа, озабоченного не излечением болезней, а излечением Невежества» [1, с. 68]. Бойль, признавая независимый, чисто теоретический интерес за химическими опытами, вписывает тем самым химию в прогресс разума, в новую науку, солидаризируясь с передовой философией своего века, глядящей в век грядущий. Это — принципи-

\* В XVII в. спагириками называли последователей Парацельса, разделявших его учение о трех началах (сера — ртуть — соль). Согласно спагирической доктрине, химия — искусство соединения и разделения тел (*sigma* — разделяю, *sympo* — соединяю).

ально новое отношение к химии. Бойль подходит к ней не как алхимик, не как врач, не как иатрохимик, а как естествоиспытатель, ищущий истину природы (или о природе) ради нее самой, а не ради практических выгод. Свою позицию Бойль резюмирует в концепции «химической философии» (*chemia philosophica*), которую он, к сожалению, не успел изложить в виде отдельного трактата.

### Институциональный барьер

Фактором, тормозящим преобразование химии в науку, было и то институциональное обстоятельство, что взаимодействие сообществ химиков и физиков не было в XVII в. нормой. Бойль, продемонстрировавший плодотворность взаимодействия физики и химии, был почти исключением. Правда, его огромный авторитет способствовал сближению химических и физических исследований в рамках Королевского общества. Например, Р. Гук высказал интересные идеи о горении веществ в своей «Микрографии». Вместе с Гуком химические проблемы на заседаниях Королевского общества обсуждал Врен. Увы, на заседаниях Французской академии подобное взаимодействие физики и химии в то время было невозможно. Трудно представить, чтобы в дискуссиях французских химиков принимал участие, например, Гюйгенс. Положение Бойля действительно исключительное, так как он на равных входил в число пионеров новой науки, разделяя их программу и участвуя в их научных спорах и экспериментах, будучи, подчеркнем, химиком, или, точнее, интересующимся химией физиком.

Быстрого и прочного признания Бойля химическим сообществом XVII в. не произошло. А ведь такое признание могло бы означать только ускорение процесса становления химии как науки. После обсуждения его работ Французская академия наук, например, решила, что Бойль уж в слишком большой степени натуральный философ. Эта оценка явно не способствовала его репутации как химика. Химики XVII в. в большинстве своем, и не без веских оснований, считали, что Бойль слишком уж физикализирует химию, и поэтому они им скорее восхищались, чем следовали за ним. Как это ни парадоксально, но для поддержания репутации настоящего химика в XVII в. надо было быть, пусть немного, но мистиком, разделять, хотя бы отчасти, герметические воззрения. Натуральные философы, со своей стороны, готовы были признать, что Бойль — исключение, что он действительно заслуживающий уважения химик в силу того, что он — настоящий натуральный философ. Однако, делая личную уступку Бойлю, они при этом решительно отказывались признать химию законной частью натуральной философии. Консерватизм профессиональной касты, пусть и сравнительно юной, не позволял признать неслыханное по тому времени утверждение: химия — естественная наука, а не полезное искусство.

Таким образом, мы видим, как вступает в действие новый, теперь институциональный, барьер на пути формирования научной химии. Действительно, становящаяся наукой химия (но еще не ставшая ею) испытывает отталкивание как со стороны химиков-традиционалистов, так и со стороны натуральных философов.

Маргинальность Бойля с его концепцией химической философии была, так сказать, несимметричной. Действительно, изоляция Бойля как физика среди химиков его времени была большей, чем его изоляция как химика среди физиков или натуральных философов. Химики этого века не входили в сообщество натуральных философов. Этот дисциплинарный барьер тормозил становление химии наукой, так как ограничивал распространение новой экспериментальной философии среди химиков. Наличие таких барьеров не случайно. Химия XVII в. еще должна была доказать свои права гражданства для вхождения в новый Град научного естествознания.

В процесс становления научной химии и, скажем определеннее, в подготовку химической революции XVIII в. Бойль внес существенный вклад. Выработанное Бойлем новое понимание химии при посредничестве его талантливого ученика Гийома Гомберга, ставшего в 1691 г. членом Французской академии, смогло в

конце концов утвердиться во Франции. Гомбергу удалось изменить стиль академических химических дискуссий, подчинив их духу бойлевой «химической философии». Этот стиль расходился со стилем Н. Лемери, никогда не считавшего химию частью натуральной философии. После работ Гомберга и других ученых, примкнувших к этому течению, французские химики в академии получили равный с физиками, механиками, астрономами статус, что, несомненно, способствовало и их методологическому сближению.

Если теперь сопоставить популярный в конце XVII в. курс химии Лемери с работами Бойля, то при всем их различии бросается в глаза одно их общее свойство. Действительно, обе представленные в них концепции химии «не дотягиваются» до эффективного теоретического объяснения эмпирического материала, не позволяют интерпретировать его регулярным образом. В чем тут дело? Оставляя сейчас в стороне картезианский механизм Лемери, можно сказать, что его трактовка химии отвечает традиции химического элементаризма, базировавшегося в XVII в. на органоаналитическом оправдании концепции пяти элементов. Действительно, в типичных случаях перегонки органических веществ первая фракция определяется как спирты, вторая — как сера или масла, третья — как флегма или вода, а твердый остаток — как соль (его растворимая часть) и как земля (нерастворимая часть). Эта схема, сформировавшаяся как обобщение наблюдений за перегонкой органических веществ, была применена затем к металлам и к минеральным веществам вообще. Этот подход операционально оправдан, но на пути его реализации возникает немало противоречий, когда пытаются с его помощью интерпретировать наблюдения. Но и бойлевский корпускуляризм, в свою очередь, ограничен в своих объяснительных возможностях и не может дать такой связи теорий и опыта, которая позволила бы достаточно эффективно управлять химической практикой. Такой подход, напротив, слишком, так сказать, умозрительно физичен и поэтому далек от реальной лабораторной практики. Взаимная критика этих двух противоположно ориентированных подходов оказалась плодотворной для развития химии. Сами по себе, в своей изолированности, они оба в равной степени не могли стать эффективной, объединяющей химию теорией, что послужило еще одним фактором запаздывания в ее превращении в науку. «То, в чем нуждалась химия, — справедливо отмечает М. Боас, — было третьей точкой зрения, воплощающей новую концепцию, и именно поэтому химия должна была ждать ее возникновения некоторое время» [1, с. 98].

Критика Бойлем химического элементаризма состояла в том, что, исходя из экспериментальных соображений, он отказался видеть в упомянутой выше аналитической процедуре простое «выпадение» элементов из «смеси», подлежащей тепловому воздействию в ходе перегонки. Бойль пришел к выводу, что в ходе этого процесса происходит изменение веществ, а поэтому бессмысленно говорить о том, что в перегоняемом теле содержатся элементы, из которых оно якобы состоит. Тем самым Бойль занял позицию антиэлементаризма. Ему казалось, что представлений о форме, величине и движении корпускул достаточно, чтобы научно объяснить химические явления, как, впрочем, и физические, так как между ними он не проводил существенного различия.

Неудачу корпускуляризма XVII в. в химии (он не привел к возникновению в этом столетии научной химии) можно рассматривать как плату за, увы, неизбежный в это время радикализм этого направления. В базисной дилемме химии (элементаризм или атомизм) Бойль решительно выбрал атомизм и отбросил элементаризм. Но это отбрасывание органичного для химии элементаристского подхода не обошлось даром. Подвергнув скепсису понятие об элементах, Бойль столкнулся с трудностями в определении того, какие же вещества действительно простые, а какие — сложные. А ведь именно классификация веществ на простые и сложные лежит в основании химического мышления независимо ни от каких теорий о строении материи.

Подключив химию к новому естествознанию, прежде всего к физике, Бойль мог рассуждать так: отказ от оккультных качеств и субстанциальных форм в

физике стал для нее большим благом. Почему же тогда подобный отказ не будет благом и для химии? Однако природа этих наук — разная, и изгнать качества из химии оказалось куда сложнее. Здесь они, видимо, неспроста, так сказать, закрепились.

### Квалитативистский барьер

Почему устойчивость качественного подхода, а шире — квалитативистского мышления или типа рациональности в химии, оказалась значительно выше, чем в механике? В квалитативистском типе рациональности мы видим попытку сохранить объяснительный статус чувственно данного мира, рационализовав его, так сказать, имманентным, «мягким» по отношению к нему образом. Отсюда следуют и типичные методы этой рационализации — качественная элементология, качественная классификация веществ и т. п.

В методологическом плане химическая революция, которую по традиции связывают главным образом с Лавуазье, выступает как вытеснение (правда, не до конца) квалитативистских схем мышления. Действительно, квалитативистские ходы мысли характеризуют, например, одну из основных химических теорий Штала — его концепцию трех видов земли, идущую от трех начал Парацельса. Согласно Шталю, первая земля сообщает телам тяжесть, вторая — горючесть. Это и есть знаменитый флогистон, понимаемый как питающая горение субстанция.

Флогистон, по Шталю, соединяется с металлическими известями при восстановлении металлов, в то время как при их прокаливании он оставляет их, давая известь. Третья «земля» Штала — начало блеска и ковкости и других аналогичных свойств. Таким образом, все «земли» Штала — типично качественные начала, субстанциализированные общие качества, из которых, как он считает, образуется большинство минералов и металлы [10, с. 131—143].

Напротив, элементы Лавуазье — идентифицируемые в количественно поставленном эксперименте неразложимые в химических превращениях вещества, наделенные, конечно, качествами; однако на первый план здесь выступает количественный критерий их определения. Законодателем химии, таким образом, становятся не качества, которым сообщен статус субстанциальности, а количественно определенные качественно индивидуализированные тела.

Между доктриной Штала и теорией Лавуазье существует не только резкий разрыв, что неоднократно подчеркивалось, но и определенная преемственность, что подчеркивалось значительно реже [6, с. 15]. Действительно, Шталь в соответствии с принятым им квалитативистским подходом считает качества абсолютными началами. Абсолютный характер, в частности качества горючести, обобщенного в представлении о флогистоне, означает, что тепло не исчезает и не возникает, а только циркулирует в природе. В этой типично квалитативистской концепции переноса качества просматривается со всей очевидностью качественный аналог того самого закона сохранения материи, которым руководствовался при ниспровержении шталевого флогистики Лавуазье. Правда, в отличие от Штала этот закон у него представлен в количественной — весовой — формулировке.

Квалитативистский тип рациональности, будучи замкнут, скорее, на тип цивилизации, чем на наследие Аристотеля (несмотря на его исключительное значение в истории), удерживался и у тех ученых, которые принимали атомистическую или платоновскую программу, например, у Бойля или Ньютона. В ходе химической революции квалитативистский тип рациональности перестает быть доминирующим типом знания. Характерный для квалитативизма перенос чувственно воспринимаемых качеств на уровень предназначенных для их объяснения сущностей содержит в себе логический недостаток, своего рода *petitio principii*. Запаздывание формирования научной химии обусловлено тем, что несостоятельность квалитативистского мышления обнаружилась в химии значительно позже, чем, например, в механике. Одна из важнейших задач химии как рационального описания веществ и их превращений — создание их устойчивой классификации

и номенклатуры. Однако именно здесь квалитативистское мышление, в принципе, уже с самого начала давало сбой. Так, наблюдений за естественным процессом скисания молока (его «затвердевание») оказалось достаточно, чтобы в рамках аристотелевского квалитативизма говорить о «земляной» природе молока. Поскольку язык качеств и язык элементов в квалитативистском мышлении практически отождествляются, а одни и те же вещества наделены разными качествами, то нетрудно видеть, что отнесение вещества к определенному классу на основе исключительно качественной оценки с необходимостью приводит к противоречиям. Не-рациональности квалитативистской рациональности будут раскрываться перед химиками со все большей силой, подталкивая их к смене типа рациональности, а именно к переходу к количественно-структурному экспериментальному подходу, способному снять противоречия в системе описания веществ и их превращений.

Для химии, конечно, было жизненно важным не просто сменить тип рациональности, обратившись к атомистическим и механистическим представлениям, а сформировать устойчивый эффективный язык для описания и объяснения конкретных явлений, иными словами, провести новое мышление через «реторту» химической практики. По сути дела, сбросить Аристотеля с «корабля» наличной химической рациональности, перефразируя поэта, заменив его при этом Пифагором и Платоном, было явно недостаточно для революции в химии. Такой взгляд упрощает ситуацию, не замечая существенного момента, а именно, сохранения квалитативистской модели химической практики и после химической революции. Правда, теперь эта модель контролируется действительно с помощью пифагорова числа и платоновской структуры. Однако именно момент удержания такой модели (при ее существенной, конечно, трансформации), образующий тонкую структуру химической революции, упускается из виду при ее традиционной трактовке. Эта трактовка характеризует не только многих позитивистски ориентированных историков химии прошлого века (Гефер, Бертло и другие), но и современных ученых, как Кассирер или Фарбер, концепции которых мы рассмотрели. Дело в том, что элементаризм как исторический соперник механокорпускуляризма не был напрочь отброшен научной химией, но получил по существу новый статус, став элементаризмом простых чистых веществ, чья чистота и простота, т. е. неразложимость в химических превращениях, должны теперь устанавливаться и доказываться с помощью количественных методов. Пифагор и Платон, иными словами, не заменили безоговорочно Аристотеля, но как символы иного подхода помогли утвердить новый элементаризм, экспериментально верифицируемый, операционально значимый и истолковываемый теперь, конечно, в конце концов, атомистически. Если прежде химик пытался управлять миром химических процессов, руководствуясь прежде всего качественным описанием веществ, то теперь он стабильность самих качеств как условие надежности такого управления ставит на твердую почву количественных измерений. Однако химические элементы или «химические принципы» не устраняются при этом из концептуального арсенала химии с тем, чтобы оставить в ней одни только «принципы химии» или математически оформленные законы (позиция Э. Фарбера и других историков физикалистской ориентации). Они остаются в ней, получая при этом статус простых чистых веществ. Чистые вещества, классифицируемые на простые и не-простые (соединения), образуют, таким образом, каркас химии, являясь как бы ее овеществленными законами. Преобразования в химии в XVII—XVIII вв. были во многом направлены как раз на то, чтобы *de facto* установить, какие вещества являются простыми (элементы), а какие — сложными (соединения), указав при этом способы проверки их чистоты и простоты. И не столько философский платонизм или пифагореизм этому способствовали (что тоже имело место), сколько новая научная методология (логика Кондильяка в случае Лавуазье). Этому способствовали и торжество ньютоновской программы в естествознании, а также развитие экспериментальной техники, а вместе с тем и установка химиков на ее количественно оформленное и, следовательно, воспроизводимое применение для решения четко поставленных

химических проблем. Это и было торжеством галилеевского метода в химии. И его успешное развитие как ясно осознанной программы мы находим не у Бойля, а именно у Лавуазье.

Химическая революция Лавуазье чем-то напоминает физическую революцию, совершенную А. Эйнштейном. Действительно, в обоих случаях речь идет о радикальном изменении понимания самых общих условий естественнонаучного опыта. В случае Эйнштейна это — изменение в понимании условий возможного физического опыта (электромагнетизм в специальной теории относительности и гравитация в общей). В случае же Лавуазье это — изменение в понимании условий возможного химического опыта, состоящее в радикальной переинтерпретации таких основ его, как бывшие элементы — вода, воздух, огонь, земля. И эта переинтерпретация совершилась благодаря отказу (пусть неполному) от квалитативистских схем мышления и переходу к количественному подходу. Правда, количественно поставленные эксперименты в XVII в. проводят и иатрохимики, например, мистик-неоплатоник Ван-Гельмонт, и натуральный философ и «химик-скептик» Бойль. Однако эти эксперименты остаются, так сказать, квазиколичественными, так как не осуществляют количественный подход последовательно и всесторонне и не становятся уже поэтому системообразующим центром химии как экспериментальной науки.

Идея геометрической структуры (у Бойля — «текстуры») была основной в атомизме и пифагореизме, а также и у Платона. Эта идея как таковая не могла стать основной операционально значимой квантификации химических явлений. Действительно, для достижения такой цели требовалось установление эффективной связи теоретических идеализаций и эксперимента. Однако эта идея долгое время оставалась умозрительной. Между нею и миром эксперимента сохранялся разрыв, что и создавало благоприятные условия для типично квалитативистских ходов мысли, в том числе и при попытках реформировать химию на основе неперипатетической и не-алхимической методологии. В качестве примера можно указать на спагириков, трехэлементная теория которых мало чем отличалась по своим методологическим принципам от четырехэлементной теории Аристотеля. Подобные квалитативистские приемы мы находим и у корпускуляристов, например, у Бойля. Действительно, сама идея объяснить, скажем, свойства кислоты, исходя не из начала (элемента) кислотности\*, а из формы корпускул, показывает устойчивость квалитативизма даже при выборе конкурирующей с ним программы. На самом деле вещество считается в таком подходе кислотой с характеризующим ее природу специфическим кислым вкусовым качеством потому, что ее корпускулы предполагаются состоящими из острых колющих частиц. Чувственно воспринимаемое качество трансформируется и как бы переносится посредством макроскопической аналогии на микроуровень. Операция подобного переноса, характеризующая многие антиквалитативистские программы, хотя и освобождаст мир сущностей от прямого удвоения в нем мира чувственных качеств, тем не менее, строит этот мир все равно по аналогии с нашим привычным макромиром. Шаг от аристотелевского квалитативизма здесь, несомненно, сделан, но полного разрыва с ним нет, так как мир корпускул остается еще миром, скроенным по масштабам макромира с его обыденным опытом, отображаемым «пространством» чувственноданных качеств.

Главный парадокс квалитативизма в химии, на наш взгляд, состоит в том, что модель стабильного, эффективного управления процессами превращений веществ, сформированная на базе квалитативизма (модель «кухни» [13]), не может быть на самом деле реализована на квалитативистской основе.

Отмеченная нами долгоживучесть квалитативистского типа рациональности придает формированию новой химии характер своеобразного «барьерного бега», при

\* Кстати, этот квалитативистский ход мысли использовал Лавуазье, отождествив, однако, этот качественный элемент с вполне реальной субстанцией — кислородом.

этом весьма затяжного. Использование представления о химической революции как смене типов рациональности позволяет, на наш взгляд, лучше понять причины такой «задержки», что и было целью этой статьи.

#### Список литературы

1. *Boas M.* Robert Boyle and seventeenth century chemistry. Cambridge, 1958.
2. *Boyle R.* Física, química y filosofía mecánica. Madrid, 1985.
3. *Cohen I.B.* Revolución en la ciencia. Barcelona, 1989.
4. *Farber E.* From chemical principles to principles of chemistry // Acts of XII International Congress of the History of Science. P., 1968.
5. *Galilei G.* Le Opere di Galileo Galilei. Ed. nazionale. T. IV. Firenze, 1893.
6. *Gough J.B.* Lavoisier and the Fulfillment of the Stahl's Revolution // Osiris. Second Series. Vol. 4. 1989. P. 15—33.
7. *Dobbs B.I.* The Foundations of Newton's Alchemy. Cambridge, 1975.
8. *Laissus Y.* Le Jardin du Roi // Enseignement et diffusion des sciences en France du dix-huitième siècle. P., 1986.
9. *Metzger H.* Les doctrines chimiques en France. P., 1923.
10. *Metzger H.* Newton, Stahl, Boerhaave et la doctrine chimique. P., 1974.
11. *Perrin C.E.* Research Traditions, Lavoisier and the Chemical Revolution // Osiris. Second Series. Vol. 4. 1988. P. 53—81.
12. *Rohault J.* Traité de la physique. P., 1671.
13. *Визгин В.* Качества в картине мира Аристотеля // Природа. 1977. № 3. С. 68—77.
14. *Кассирер Э.* Познание и реальность. Спб., 1912.
15. *Лавуазье А. Л.* Экспериментальный метод. Введение к элементарному курсу химии // Лавуазье А. Л. Мемуары / Под ред. и с предисл. М.А.Блоха. Ленинград, 1931.
16. *Менделеев Д. И.* Основы химии. Спб., 1895.
17. *Ольшки О.* История научной литературы на новых языках: В 3 т. Т. III. Галилей и его время. М.; Л., 1933.