

А К А Д Е М И Я Н А У К С С С Р



РЕДКОЛЛЕГИЯ СЕРИИ «НАУЧНО-БИОГРАФИЧЕСКАЯ ЛИТЕРАТУРА»
И ИСТОРИКО-МЕТОДОЛОГИЧЕСКАЯ КОМИССИЯ
ИНСТИТУТА ИСТОРИИ ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ И ТЕХНИКИ АН СССР
ПО РАЗРАБОТКЕ НАУЧНЫХ БИОГРАФИЙ ДЕЯТЕЛЕЙ
ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ И ТЕХНИКИ:

*Л. Я. Бляхер, А. Т. Григорьян, Б. М. Кедров,
Б. Г. Кузнецов, В. И. Кузнецов, А. И. Купцов,
Б. В. Левшин, С. Р. Микulinский, Д. В. Ознобишин,
З. К. Соколовская (ученый секретарь), В. Н. Сокольский,
Ю. И. Соловьев, А. С. Федоров (зам. председателя),
И. А. Федосеев (зам. председателя),
Н. А. Фигуровский (зам. председателя), А. А. Чеканов,
С. В. Шухардин, А. П. Юшкевич, А. Л. Яншин (председатель),
М. Г. Ярошевский.*

В. А. Крицман, Г. В. Быков

Герман Копи

1817 — 1892



ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА»

МОСКВА

1978

Книга представляет собой первое монографическое исследование о жизни и деятельности крупного немецкого ученого XIX в., одного из основателей физической химии и истории химии Германа Коппа.

Книга написана на основании анализа работ Г. Коппа, его переписки, в частности с Юстусом Либихом, а также воспоминаний о нем современников.

Ответственный редактор

доктор химических наук

С. А. ПОГОДИН

Имя Германа Коппа как автора классических трудов по истории химии, которые вплоть до наших дней продолжают служить своего рода первоисточником для изучения развития химических знаний от древнейших времен до середины XIX в., пользуется широкой известностью и всеобщим уважением. Однако его физико-химические работы, занимавшие далеко не последнее место в руководствах по физической химии конца XIX — начала XX в. (В. Оствальда, В. Нернста, Г. Джонса и др.), уже давно перестали даже упоминаться на страницах учебных пособий. В результате молодое и даже среднее поколение современных химиков не имеет никакого представления об исследованиях Коппа и их историческом значении. Известный американский ученый Гарри Клерк Джонс (1865—1916), один из создателей сольватной теории растворов, уже в 1902 г. писал: «За последние годы наблюдается стремление игнорировать исследования более ранних физикохимиков и признавать ценность только за тем, что сделано в физической химии не раньше 1885 г. ...Автор, однако, полагает, что для того, чтобы оценить те гигантские шаги, которые сделала новая физическая химия, нет необходимости отбрасывать или пренебрегать исследованиями таких людей, как Копп, Бунзен, Гладстон, Реньо, и других великих основателей физического и химического знания» *.

Такая точка зрения представляется нам единственно правильной. Всякое «отбрасывание» работ ученых прошлого только потому, что они утратили свое значение для

* Джонс Г. Основы физической химии. Пер. [с англ.] Е. В. Бирона, И. И. Жукова и А. В. Сапожникова. СПб., изд. А. С. Суворина, 1911, с. IX (предисловие автора к первому изданию).

настоящего, следует признать одним из проявлений анти-историзма, совершенно недопустимым вообще, а в частности в истории науки.

Уже при самом беглом ознакомлении со списком работ Коппа становится очевидным, что его физико-химические исследования в подавляющем большинстве имеют своей целью установление зависимостей физических свойств химических соединений (а также классов сходных соединений и двойных систем) от их состава. Далее для краткости мы будем называть эту тематику проблемой состав — свойство.

Эту проблему, насколько известно, поставил впервые в 1752 г. М. В. Ломоносов. Во «Введении в истинную физическую химию» он указал на необходимость «...ясно познавать частные качества каждого смешанного тела, подвергаемого химическому исследованию... чтобы, когда будут познаны при помощи операций составные части, можно было наблюдать, в чем, насколько и каким образом изменилось данное качество от перемены известной составной части, и чтобы из взаимного соответствия того и другого изменилась природа одного и истинная причина другого» *.

Однако точное установление состава сложных веществ («смешанных тел») стало возможным только после работ А. Л. Лавуазье, положивших в конце XVIII в. начало созданию химии нового времени. На первых порах (и долгое время спустя) химия была по преимуществу наукой о составе веществ, об их анализе. И проблема состав — свойство могла быть поставлена только тогда, когда методика химического анализа веществ, как неорганических, так и органических, оказалась в должной мере разработанной. Это произошло к началу 1830-х годов.

Химическая атомистика Дальтона позволяла представлять результаты анализа соединений химическими формулами, которые в простом и наглядном виде, приданном им Берцелиусом, быстро стали общепринятыми.

С этого времени одной из важнейших характеристик химического соединения стал вес, как тогда говорили,

* *Ломоносов М. В.* Полное собрание сочинений, т. 2. М.—Л., Изд-во АН СССР, 1951, с. 575. «Частными качествами» Ломоносов называл физические свойства. Там же он пишет: «Среди частных качеств первым является проявляющееся различно в каждом теле: это удельный вес».

«сложного атома» (т. е. относительная масса соединения, выражаемая его химической формулой, простейшей или истинной). Эта величина равна сумме весов всех атомов, образующих соединение; иначе говоря, она является величиной аддитивной. Перед химиками встал естественный вопрос: не существует ли других аддитивных свойств, которые можно было бы вычислить для соединения, зная свойства его составных частей? Таким свойством оказалась теплоемкость «сложных атомов», которая, как нашел в 1831 г. Ф. Г. Нейман, есть величина приблизительно постоянная для соединений одного и того же типа.

Наиболее легко и точно измеряемое физическое свойство — плотность — не принадлежит к аддитивным свойствам. Давно было известно, что образование соединений сопровождается сжатием. Но частное от деления атомного веса на плотность, которое Копп в 1838 г. назвал атомным (удельным) объемом, оказалось свойством, которое, будучи вычислено по правилу смешения, довольно близко совпадает с полученным экспериментально. И все дальнейшие работы Коппа, посвященные проблеме состав — свойство, выполнены им под знаком принципа аддитивной зависимости физических свойств химических соединений, а также двойных систем от их состава. Упрекать его за это было бы несправедливым. При тогдашнем состоянии физики и химии изменение свойств от состава по правилу смешения было наиболее простой гипотезой, хотя и ошибочной. «Только путем ошибок и есть возможность дойти до истины; она никогда, сколько то известно до сих пор, не открывалась сразу, не предугадывалась, а находилась долгим трудом, попытками. Оттого в открытии истинной теории обыкновенно участвуют многие исследователи», — писал в 1869 г. Д. И. Менделеев *.

Только в конце XIX — начале XX в. проблема состав — свойство начала получать правильное разрешение (назовем здесь только теорию теплоемкости и физико-химический анализ). Но всегда следует помнить, что Копп был первым, кто широко поставил изучение этой проблемы. Его исследования и выводы вызвали множество работ других ученых в этой области, что немало содействовало уточнению найденных им зависимостей и установлению новых.

* Менделеев Д. И. Сочинения, т. 13. М.—Л., Изд-во АН СССР, с. 335.

Проблема состав — свойство, неизмеримо более сложная, чем это представлялось Коппу и его современникам, продолжает разрабатываться в наши дни и далеко не может считаться решенной.

Как мы видим, значение трудов Коппа для развития химии достаточно велико. Тем более удивительно, что до сих пор не появилось ни одной работы монографического плана с описанием его жизни и анализом его научной деятельности. Предлагаемая книга кандидата химических наук В. А. Крицмана (написавшего I и II главы) и доктора химических наук Г. В. Быкова (написавшего III главу), содержащая первое и единственное на русском языке историко-критическое изложение жизни и творчества Германа Коппа, восполнит заметный пробел в обширной биографической литературе, посвященной химикам всех стран и эпох, ибо фигура Г. Коппа при ретроспективном взгляде на химию XIX в. сразу бросается в глаза. Книга призвана познакомить современного читателя с жизнью и трудами одного из наиболее своеобразных ученых XIX в. — разностороннего исследователя, блестящего популяризатора, энциклопедиста, редактора одного из ведущих химических журналов прошлого века.

Нет сомнения в том, что книга будет прочитана с интересом и пользой не только историками науки, но и всеми, кто любит заглядывать в ее прошлое и хочет видеть в нем уроки для будущего.

С. А. Погонин

Глава первая

Жизненный путь

Детство и юность

Жизнь Германа Коппа, типичная для немецкого ученого XIX в., протекала в университетских городках, далеких от мирской суеты. Аудитория, лаборатория, библиотека, рабочий кабинет были теми местами, где прошла вся его деятельность.

Герман Франц Мориц Копп родился 30 сентября 1817 г. в небольшом городке Ханау, центре одноименной провинции в княжестве Гессен. Это княжество ранее входило в довольно значительное немецкое государство Гессен-Кассель, которое сыграло заметную роль в истории Германии. Но даже и после распада этого государства родина Коппа, город Ханау, отнюдь не стал захолустьем. Близость старинного культурного и торгового центра — Франкфурта-на-Майне, а также выгодное географическое положение обусловили тесную связь Ханау с центрами обеих частей разделившегося гессенского княжества. Это, в свою очередь, стимулировало интенсивное развитие в Ханау торговли, промышленности и культуры. Вот какие сведения об этом городе приводились в справочнике за 1835 г.: «Ханау... насчитывает 13 800 жителей, там находятся замок-резиденция курфюрста, академия изобразительного искусства, гимназия, значительная торговля и самая развитая промышленность в провинции, среди предприятий наиболее известны шелкоткацкие, обувные, чулочно-носочные фабрики»¹.

Отец будущего знаменитого ученого Иоганн Генрих Копп родился там же, в Ханау, в 1777 г. К 23-м годам он успел не только окончить университет, но и получить ученую степень доктора медицины². А через восемь лет Иоганн Генрих стал профессором химии, физики и естественной истории городского лицея в Ханау. В это время он

написал несколько работ по химическому анализу минералов³ (у него была богатейшая минералогическая коллекция). Наиболее известна из них монография «Основы химического анализа минеральных тел», опубликованная в 1805 г.⁴ Кроме того, Иоганн Копп исследовал физиологическое действие лекарственных препаратов. Под его руководством было издано 11 томов «Ежегодника государственной фармации», в котором нашли отражение все успехи в области фармации⁵. Аптекарям не только Гессенского княжества, но и всей Германии это издание оказало важные услуги в их повседневной практике.

Однако Копп не ограничивался научной, преподавательской и просветительской деятельностью: «Весь город — моя клиника», — любил он говорить. И действительно Иоганн Копп лечил многих горожан, принимал участие в управлении здравоохранением княжества и даже был личным врачом курфюрста. Ярко выраженное стремление к практической деятельности сыграло решающую роль в судьбе этого одаренного человека. Занятия наукой так и не стали делом его жизни. Административные должности, придворные обязанности, преподавание в лицее, частная практика отнимали много времени, но они приносили Иоганну Коппу моральное удовлетворение и к тому же позволяли вести безбедное существование. Поэтому отец Германа неоднократно отклонял приглашения Марбургского университета о переходе на постоянную преподавательскую работу. Но он продолжал живо интересоваться успехами науки (особенно минералогии и химии) и стремился пробудить любовь к знанию у своего единственного сына. Ему этого удалось добиться. В конце 1820-х годов, когда Герману едва исполнилось десять лет, богатейшую минералогическую коллекцию его отца посетил великий немецкий поэт, философ и естествоиспытатель Иоганн Вольфганг Гёте. Иоганн Копп, представляя знаменитому гостю своего сына, сказал: «Господин тайный советник! Этот мальчик хочет изучать химию»⁶.

Уже с ранних лет домашняя библиотека и коллекция минералов были предоставлены в полное распоряжение способного мальчика. Герман по окончании городской гимназии знал по интересующим его предметам намного больше, чем его одноклассники. Гимназические учителя дали ему важный инструмент для последующей работы по истории химии: он хорошо овладел древнегреческим и

латинскими языками. К окончанию гимназии у него пробудился интерес к истории химии. Он зачитывается «Историей алхимии» К. Шмидера, оказавшейся в библиотеке отца⁷. Любовь к химии и ее истории привела Коппа осенью 1835 г. в один из наиболее старинных и прославленных в Европе университетов — Гейдельбергский, известный не только в Германии, но и далеко за ее пределами своими профессорами — историками, философами, медиками. Химию там преподавал Леопольд Гмелин* — автор ставшего впоследствии классическим справочника по неорганической химии.

Однако основное внимание при изучении естественных наук в Гейдельбергском университете уделялось медицине. Даже Гмелин был одновременно ординарным профессором химии и медицины.

Тесное и старое здание лаборатории, отсутствие самых необходимых приборов и реактивов — в таких условиях преподавалась химия в Гейдельбергском университете в середине 30-х годов XIX в. Занятия давали лишь элементарные знания, достаточные для изучения фармации будущими врачами, но отнюдь не обеспечивающие подготовку специалистов по химии, на что надеялся Герман Копп. Поэтому через полтора года он переводится в университет города Марбурга, где глубоко изучает естественные науки (в том числе и химию) и серьезно занимается экспериментальной работой, в которой он добился значительных успехов. Уже в первой статье Копп предложил новую конструкцию дифференциального барометра для усовершенствованного определения плотности газов (1837). Эта работа была удостоена чести быть опубликованной в авторитетном научном журнале «Анналы физики и химии, издаваемые Поггендорфом» [1]**.

После защиты молодым ученым 31 октября 1838 г. докторской диссертации «Создание расчетного метода оп-

* Леопольд Гмелин (1788—1853). В 1814—1851 гг. — профессор университета в Гейдельберге. В книге «Руководство по теоретической химии» Гмелин обобщил все имевшиеся тогда экспериментальные данные. Часть справочника, где приведены сведения по неорганической химии, выдержала 8 изданий после его первой публикации в 1817 г. И в наше время этот справочник является настольной книгой химиков-неоргаников.

** Здесь и ниже в квадратных скобках даны ссылки на работы Г. Коппа — см. Библиографический указатель трудов Германа Коппа (с. 149—156).

ределения плотности кислорода»⁸ выкристаллизовалось главное направление его будущей научной деятельности — разработка методов расчета физических свойств веществ на основе их состава*.

За время обучения, главным образом в Марбургском университете, у Коппа выработались две основные черты, определившие успех дальнейшей физико-химической деятельности: мастерство экспериментатора и умение интерпретировать опытные данные.

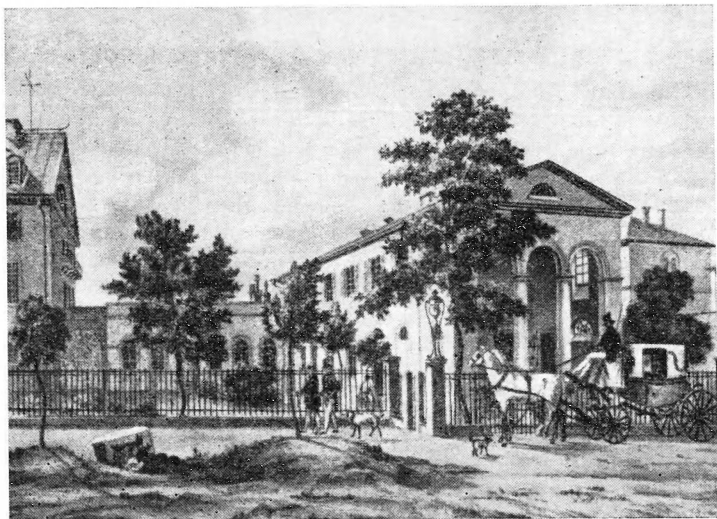
После успешной защиты докторской диссертации молодой ученый вернулся в родной Ханау, чтобы найти приложение своим силам. Но в Германии того времени только университеты, и то далеко не все, могли предоставить возможность проводить научную работу по химии.

Гиссенский период

В конце 1830-х годов немецкие химики с удовлетворением могли констатировать, что у них появился коллега, выдвигающий интересные научные идеи. В 1839 г. в ставших для Германа столь гостеприимными «Анналах физики и химии, издаваемых Поггендорфом» появилась его новая статья — «О предварительном определении удельного веса веществ в некоторых классах химических соединений» [2]. В этой работе он показал, что в изоморфных телах удельные веса относятся так же, как атомные, и ввел в химию понятие об удельных объемах тел. Объем соединения — в соответствии с развиваемым им представлением об аддитивном характере расчета физических свойств веществ — равен сумме удельных объемов его составных частей. В этой работе были сформулированы основные объекты дальнейших физико-химических исследований Германа Коппа: правило аддитивности и понятие об удельных объемах веществ.

Уже первые исследования показали Коппу сложность стоящей перед ним проблемы. Он прекрасно понимал, что решение ее невозможно в провинциальном Ханау, где высшим естественнонаучным учреждением был городской лицей, а общепризнанным авторитетом в области всех естественных наук — Иоганн Копп. Молодому ученому

* Содержание диссертации было изложено в первой химической статье Г. Коппа [2].



Здание лаборатории Либиха в Гиссене. Середина XIX в.

необходимы были широкое творческое общение с крупнейшими химиками Германии, диспуты, семинары, хорошо оборудованная лаборатория. Словом, ему необходимо было попасть в какой-либо крупный исследовательский центр. На его счастье, недалеко от Ханау, в Гиссенском университете, существовал такой научный центр, один из немногих в то время в Европе. Руководил им знаменитый немецкий химик-органик и агрохимик Юстус Либих (1803—1873). Либих почитался учеными его времени за разработку первых теоретических представлений в органической химии: им были созданы теория радикалов, теория многоосновных кислот. Либих синтезировал также новые соединения (хлороформ, хлораль), разработал способы анализа органических веществ, был одним из основателей биохимии и агрохимии. Он также провел реорганизацию системы высшего химического образования, широко внедрив в учебные курсы экспериментальные работы. Он воспитывал у своих учеников научную самостоятельность, всячески поощрял их собственные исследования. «Ничто так не поощряет молодых людей,— считал Либих,— как желание увидеть свое имя в печати»⁹.

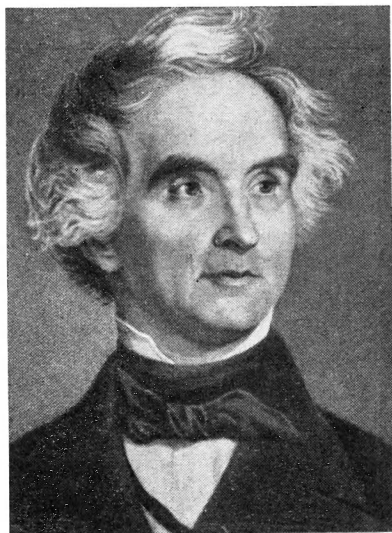
Работать под руководством Либиха было нелегко, поскольку требовалась полная отдача всех сил исследованиям, но очень интересно. «Я давал темы и наблюдал за их исполнением,— вспоминал Либих.— Никакого руководства, в узком смысле этого слова, не было. Каждое утро я принимал от каждого в отдельности отчет о том, что сделано им накануне, равно как и о его взглядах на интересующий в данный момент вопрос, о его намерениях. Каждый вынужден был искать собственную дорогу. Благодаря совместной жизни, постоянному общению и взаимному участию в работе друг друга каждый мог учиться у всех и все у каждого... Мы работали с самого утра и до поздней ночи; развлечений и удовольствий в Гиссене не было»¹⁰.

Вот в эту-то лабораторию и поступил работать Герман Копп вскоре после защиты докторской диссертации. Очень недолго Иоганн Копп пробыл в обществе сына. С тех пор они встречались только во время кратких наездов Германа домой из университета, в котором он работал.

В Гиссене, кроме условий для творческой работы, ничего интересного не было. Но это и прельщало Германа. Ничто не отвлекало его от исследований, проведение которых требовало, помимо больших теоретических знаний, умения хорошо работать руками. Сотрудники в лаборатории Либиха многое должны были делать сами: изготавливать стеклянную посуду, вырезать пробки, выковывать из платины тигли¹¹.

Пожалуй, немного найдется молодых ученых, которые так быстро определили свою тему в науке, как Герман Копп. Только первая работа в лаборатории Либиха (1840 г.) была выполнена им по совету его руководителя [6]. Поэтому-то она характерна для лаборатории Либиха, но не для дальнейшей деятельности его нового сотрудника. Эта публикация была единственной работой Коппа по органической химии. Одного опыта молодому ученому оказалось достаточно. Он понял, что его «стихия» — это исследование зависимости физических свойств веществ от их состава.

Верный своим педагогическим принципам, Либих не стал ему препятствовать, и с 1840 г. Копп занимается определением объема твердых и жидких тел, измерением поверхностного натяжения жидкостей, нахождением атомных объемов и удельных весов различных веществ. «Острый взгляд Либиха,— вспоминал крупнейший немецкий



Юстус Либих

химик А. В. Гофман *, работавший в то время в лаборатории Гиссенского университета,— не мог не отметить необычайной талантливости молодого человека [Германа Коппа], и вскоре после его появления в гиссенской лаборатории мы увидели, что между учителем и учеником установились дружеские отношения»¹². Вскоре, в зимнем семестре 1841/42 г. и летнем семестре 1843 г., любимый ученик Либиха уже читал курс лекций по истории химии, в 1843 г. был опубликован первый том его классического четырехтомника по истории химии [30].

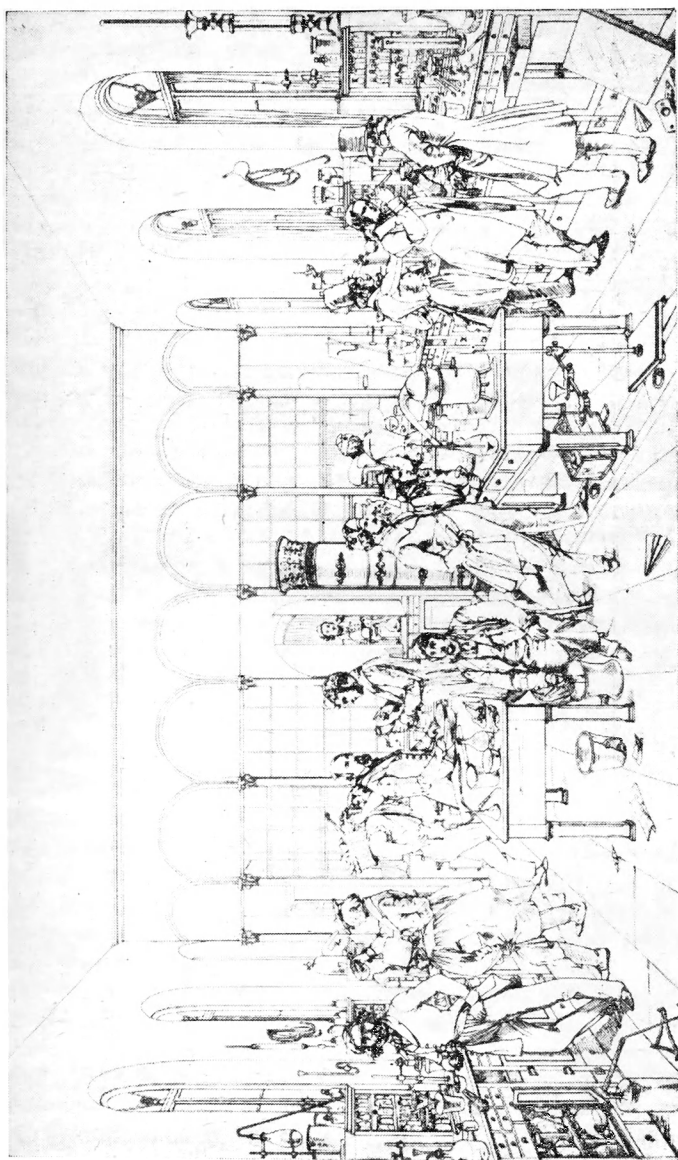
* Август Вильгельм фон Гофман (1818—1892) — уроженец Гиссена, ученик Либиха. С 1845 г.— приват-доцент университета в Бонне. В том же году был приглашен в Лондон, чтобы внедрить в английские высшие учебные заведения методы преподавания химии, созданные его учителем. В течение почти 20 лет он — первый директор основанного при его непосредственном участии Королевского химического колледжа в Лондоне и руководитель исследовательской лаборатории при нем. С 1861 г. Гофман становится президентом Лондонского химического общества. В 1864 г. он возвращается в Германию и уже с 1865 г. заведует кафедрой химии университета в Берлине, где он работал до конца своей жизни. В 1868 г. основал Немецкое химическое общество и его журнал. С этого момента и до своей смерти

Несмотря на загруженность преподаванием и работу над «Историей химии», Копп систематически проводит исследования физических свойств веществ. В том же 1841 г. во Франкфурте-на-Майне были опубликованы его работы «Об изменении средних свойств, или о свойствах смесей с учетом их внутренних составных частей» [8] и «Об удельных весах химических соединений» [9]. В следующем году Копп печатает 8 научных статей. Самой известной из них была «О предварительном определении некоторых физических свойств в рядах органических соединений» [25]. В этой работе впервые было наглядно показано на большом экспериментальном материале (спирты, кислоты, эфиры насыщенных кислот и спиртов нормального строения), что в различных гомологических рядах увеличение длины цепи связано с определенным повышением точки кипения органических соединений. Каждый класс соединений имеет свой специфический температурный интервал проявления подобных инкрементов. Так, точки кипения органических кислот лежат на 40°C выше, чем у соответствующих спиртов, и на 82°C выше, чем у их эфиров. Аналогичные зависимости физических свойств от природы соединений были обнаружены Коппом и для многих других классов органических веществ (ароматических соединений, алифатических альдегидов и кетонов и т. д.).

Используя установленные Коппом эмпирические зависимости, химики-органики в 1860—1870 гг. стали широко привлекать физические методы для анализа получающихся при синтезе веществ. Сам же Копп впоследствии предпринял попытку найти связь между различными физическими свойствами веществ. Так, он изучал зависимость изменения точек кипения и теплоемкостей от величин удельных объемов соединений. Кроме того, в лаборатории Гиссенского университета Копп исследовал отношения между кристаллическими формами и удельными объемами веществ.

На первый взгляд не вполне понятно, почему ближайший ученик Либиха, воспитанник гиссенской лаборатории,

возглавлял деятельность общества. Главным направлением исследований Гофмана было изучение азот- и фосфорсодержащих органических соединений и алкалоидов. Гофман разработал методы промышленного синтеза анилина и его производных (органические красители).



Лаборатория Либиха в Гиссене. Гравюра 1840 г.

бывшей в 30—40-х годах XIX в. общепризнанным центром по органической химии, стал заниматься проблемами, весьма далекими от синтеза и изучения химических свойств органических соединений. Почему проведенная по совету Либиха работа Коппа «О разложении меркаптана азотной кислотой» [61] так и осталась его единственной публикацией по «чистой химии» (как называли эту область науки в середине прошлого века).

Для ответа на этот вопрос обратимся к некоторым сторонам деятельности как Коппа, так и его учителя. Начнем с того, что отнюдь не всегда Либих интересовался только вопросами органической химии, равно как и исследованием химических свойств органических соединений. В 20—30-е годы XIX в. он много сделал для развития анализа неорганических и органических соединений и внес огромный вклад в развитие теоретических вопросов органической химии (теории радикалов и многоосновных кислот). Копп, по существу, продолжил физико-химическое направление исследований, которое в первой трети XIX в. часто лежало в русле аналитической химии. От обычных аналитических определений состава веществ работы Коппа отличали усиленное внимание к исследованию природы физических свойств и интерпретация характера связи их с составом вещества. Но именно здесь лежит водораздел между общепризнанным аналитическим периодом развития химии и возникновением ее новой области — физической химии.

«Для большого числа исследований Коппа,— писал его друг и коллега по гиссенской лаборатории А. Гофман,— исходный пункт был намечен уже в выполненной им [в 1838 г.] докторской диссертации. Речь идет о вопросе, в какой зависимости находятся физические свойства химических соединений с природой их составных частей... Мы стоим тем самым на пороге физической химии»¹³.

В гиссенской лаборатории Копп выполнил лишь одну работу по теме, непосредственно интересовавшей Либиха в то время. После просмотра получившейся в результате весьма заурядной научной работы Либих оставил мысль «в лоб» изменить тематику его исследований. Предоставив Коппу хорошие условия для проведения исследовательской работы (насколько это вообще было возможно в довольно бедном Гиссенском университете), Либих попытался ввести в круг его научных интересов изучение органи-

ческих соединений. Это ему удалось. Уже в 1842 г. Копп публикует результаты своих первых исследований природы связи физических свойств органических соединений (точек кипения) и их состава. Это направление работ Коппа, которыми он занимался с перерывами до конца 80-х годов, способствовало развитию органической химии.

За 15 лет недавний выпускник университета, только что завершивший первую научную работу, превратился в признанного ученого-химика и историка химии, крупного педагога. За это время им было проведено более двух третей всех его экспериментальных работ, написаны классический четырехтомный труд «История химии», учебники по физической химии и кристаллографии. Он стал первым помощником и верным другом «самого» Юстуса Либиха. Учитель внимательно следил за успехами своего талантливого ученика, создавал ему благоприятные условия для научной работы и преподавания. Всего через два года после вступления в должность приват-доцента, в 1843 г., Герман Копп становится экстраординарным профессором университета. «Это был прекраснейший период в жизни нашего друга», — вспоминал об их совместной работе А. Гофман¹³.

Просто поразительна энергия этого человека. В 40-х годах прошлого века молодой профессор успевал читать лекции в университете по нескольким дисциплинам, проводил интенсивную научную работу по химии, написал классический труд по истории химии [30, 33, 37, 43] и выдержавший несколько изданий учебник по кристаллографии [47]. «Количество труда и качество исследований, проведенных при подготовке этой работы, были просто выдающимися», — вспоминал Торп об оценке учеными «Истории химии» Коппа¹⁴.

Многогранная и очень плодотворная научная и педагогическая деятельность Коппа в 1840 г. характеризовала его как ученого, который достоин возглавить университетскую кафедру. Знаменитый немецкий химик-органик Фридрих Вёлер (1800—1882) писал в 1846 г. своему другу Либиху: «Спроси Коппа, не хочет ли он занять место профессора физики в Киле [Кильском университете]»¹⁵. «Мы не можем здесь остаться без Коппа, — ответил ему вскоре Либих, — и я использовал этот повод для того, чтобы добиться... для него прибавки жалования. Это удалось... Хотя это не так много, но Копп доволен и останется»¹⁶.

Отнюдь не материальные блага удерживали его в Гиссене; маленькая зарплата, неудобная квартира, недостаточное оборудованная лаборатория — вот постоянные темы жалоб Коппа на жизнь в Гиссене. Но он любил этот провинциальный университет за доброжелательное участие Либиха в обсуждении его исследований, поддержку коллег-единомышленников в трудные минуты, пытливую студенческую аудиторию, преданность лаборантов. Все это создавало стимулы для работы, которые нельзя было компенсировать даже очень хорошими материальными условиями. Копп, по выражению Гофмана, «достиг уже в молодые годы такого положения, которому многие могут позавидовать»¹⁷.

К его многочисленным обязанностям в конце 1840-х годов добавляются новые — редакционно-издательские. Либих предлагает признанному химическому «Нестору» участвовать в редактировании одного из важнейших периодических изданий по химии. После смерти в 1848 г. крупнейшего шведского ученого, патриарха европейских химиков Иенса Якоба Берцелиуса (1779—1848), Либих решил продолжить публикацию его знаменитых «Ежегодных обзоров». Полное название издания, которое Берцелиус публиковал на протяжении почти трех десятиков лет, — «Ежегодные сообщения об успехах физических наук». С 1842 г. эти сборники стали называться «Ежегодные сообщения о прогрессе химии и минералогии».

29 августа 1848 г. Либих написал Вёлеру: «Я решил с Коппом и другими в будущем издавать «Ежегодные обзоры» еще и потому, чтобы это дело не смогло попасть в другие и к тому же плохие руки»¹⁸. Первый номер «Ежегодника» был опубликован уже в 1849 г. Но новое издание было намного шире по своей тематике, чем его предшественник. Об этом говорит даже название: «Ежегодник прогресса химии, физики, минералогии и геологии». В этом ежегоднике Копп был редактором 13 лет. Первые восемь лет совместно с Либихом, а затем один. Кроме того, он занимался подборкой материалов по теоретической, физической и неорганической химии, реферируемых в ежегоднике. Но, оказывается, и эта громадная нагрузка не являлась пределом для молодого профессора из Гиссена. Уже в 1850 г. Либих сообщает в письме к Вёлеру: «К тому же я решил привлечь Коппа к «Анналам»^{*}). Его талант, лю-

^{*} Здесь имеется в виду журнал «Анналы химии и фармации», издаваемый с 1831 г. Либихом. В 1838 г. в состав редакции жур-

бовь к порядку и особенно широта знаний... принесли бы пользу журналу. Что ты скажешь на это?»¹⁹ Оказалось, что мнение обоих друзей, крупнейших немецких химиков, о Коппе было единодушным. «Я могу выразить только мою радость по поводу твоего намерения пригласить Коппа в редакцию «Анналов», — писал Вёлер в ответе Либиху. — Не может быть лучшего редактора «Анналов», чем он. Я испытываю к его необыкновенной голове огромное почтение»²⁰. Энергичный и эрудированный профессор из Гиссена согласился и с этим очень почетным, но весьма трудоемким предложением своего учителя.

С 77-го тома, опубликованного в 1851 г., один из крупнейших европейских химических журналов стал издаваться под редакцией Либиха, Вёлера и Коппа. Всю жизнь Копп занимался выпуском «Анналов», подготовив 192 тома журнала. Либих, не сомневаясь, что передал журнал в надежные руки, уже в 1852 г. принимает приглашение занять кафедру в Мюнхенском университете. В том же году он покидает Гиссен и переезжает в Мюнхен, где ему были созданы прекрасные условия для работы.

Грустно и неуютно было Коппу после отъезда Либиха. Он предается воспоминаниям: «Это было какое-то высшее предопределение, которое привело меня в этот маленький университет... в Гиссене все концентрировалось в работе, а работа была истинным наслаждением»²¹. К счастью, времени на воспоминания оставалось совсем мало: после отъезда Либиха Коппу и его коллеге Генриху Виллю *—

нала были введены Ф. Вёлер, французский химик Ж. Дюма и английский Т. Грэм. Через 4 года редакторами остались только Либих и Вёлер. В 1840-х годах и в последующие десятилетия XIX в. «Анналы химии и фармации» были одним из самых авторитетных химических журналов в мире.

* Генрих Вилль (1812—1890) — немецкий химик-органик, с 1852 г. ординарный профессор в Гиссенском университете. Известен своими работами в области анализа органических соединений. С 1857 до 1868 г. вместе с Коппом принимал участие в издании «Ежегодников», отвечая за раздел качественного анализа. Известный русский химик А. М. Зайцев, будучи в командировке в Германии, посетил Гиссенский университет и в письме к А. М. Бутлерову так описал свои впечатления от лекций Г. Вилля: «Лекции Вилля по неорганической химии, замечательные множеством разнообразных и трудных опытов, были для меня хорошим репетитором в неорганической химии. Он обладает большим даром изложения и в особенности его лекции полезны для начинающих»²².

двум самым способным ученикам Либиха — было присвоено звание ординарного профессора и поручено совместно руководить лабораторией. Но Копп решительно отказывается от новой должности: ему не по душе было становиться во главе сложившегося научного коллектива с устоявшимися традициями и тематикой, резко отличавшейся от его собственных научных интересов²³, а изменить направление исследований, проводящихся в лаборатории, значило нарушить преемственность идей Либиха. Наконец, администрация университета нашла выход: руководителем лаборатории был назначен в 1853 г. Генрих Вилль, а Копп стал профессором теоретической химии. Мастерство Коппа-лектора произвело глубокое впечатление на русского химика А. М. Зайцева: «Лекции теоретической и физической (физической.— *Авт.*) химии Коппа, отличаясь удивительно ясным изложением и оригинальностью взглядов, были для меня в высшей степени интересны и поучительны; кроме того, я слушал у Коппа *Praktische chemische Rechnungen u. Stöchiome(t)rie* (практические химические расчеты и стехиометрия.— *Авт.*), где мы под его руководством знакомимся с разрешением сложных задач химии и анализа. Самая личность Коппа еще более возвышала достоинство этих лекций. Он всегда был ко мне очень внимателен и любезен»²⁴.

И потянулись дни, до предела заполненные работой. О некоторых сторонах жизни Коппа в Гиссене после отъезда Либиха можно судить по их переписке. 20 ноября 1854 г. Копп писал Либиху: «Я думаю, что этой зимой смогу найти время, чтобы определить удельный вес при точке кипения и растяжение, происходящее при этом с жидкостями, важными для моей теории удельных объемов. Два практиканта в лаборатории готовят препараты, и я надеюсь получить результаты как минимум интересные»²⁵.

Но не всегда Коппу удавалось целиком отдаться исследованиям: помимо преподавания и редакторской деятельности довольно много времени он уделял семье. Почти одновременно с отъездом Либиха из Гиссена Копп женился. Он очень любил свою Иоганну, с которой прожил долгую жизнь. «Без Иоганны Гиссен был бы для меня сейчас совершенно невыносим»²⁶, — пишет он Либиху в ноябре 1852 г. К сожалению, Иоганна часто болела и тогда муж самоотверженно ухаживал за ней, обращался за помощью к лучшим немецким врачам, возил ее на курорты. Даже

выбор места работы у Коппа был связан с необходимостью иметь квалифицированное медицинское обслуживание для Иоганны. В 1856 г. Копп стал отцом. Но вместо с таким нетерпением ожидаемого наследника, который продолжил бы научные традиции своего деда и отца, на свет появилась девочка. Тереза Копп, любимица отца, прожила долгую жизнь, но ученым не стала.

В письмах к Либиху Копп часто говорит о своей семье. Как каждому любящему человеку, ему иногда приходится поступаться даже любимой работой ради спокойствия и здоровья своих близких.

В декабре 1854 г. Герман сообщает учителю: «Дела моей жены идут на улучшение. Поэтому я могу, наконец, немного поработать для себя. Я работаю сейчас действительно днем и ночью. Моя лаборатория не отапливается и я не могу выйти из простуды»²⁷. Копп постоянно отчитывается перед Либихом о проделанной работе, делится творческими планами. В письме от 29 января 1855 г. он пишет: «Я исследовал удельный вес, точки кипения и плавления приблизительно у дюжины тел. Я нашел подтверждение правильности моих теорий точек кипения и удельных объемов, которое меня очень обрадовало, но встретились также и новые трудности при точном определении этих свойств. Влияние сосуда на точку кипения может быть при определенных условиях ненормальным, и я не знаю средства для его устранения. Но в общем мои опыты удаются, для них я сконструировал очень точные приборы... Я хочу в «часы озарения» обчитать мои опыты»²⁸.

В 40—50-х годах Копп изучал расширение тел при их плавлении, установил ряд новых закономерностей в изменениях физических свойств органических соединений от их состава, рассчитал удельные объемы углерода, водорода, кислорода. Результаты исследований этого периода были изложены в «Учебнике физической и теоретической химии», написанном Коппом вместе с коллегами — профессорами университета в Гиссене Г. Буффом и Ф. Цамминером. Учебник состоит из введения и четырех основных разделов: 1) Физическое учение; 2) Теоретическая химия; 3) Отношения между физическими и химическими свойствами веществ; 4) О рациональном составе химических соединений. Общий объем книги — 860 страниц. Копп написал три раздела и вступительную главу — полностью и около одной пятой объема единственного раздела, создан-

ного тремя авторами (физическое учение), — примерно 40% всего текста. Но если перейти от простого подсчета страниц к анализу содержания книги, то выяснится, что вопросы физической и теоретической химии освещены только Коппом: его соавторы рассматривали чисто физические теории. Так, Буффа написал «главы о движении и равновесии твердых, жидких и газообразных тел, о магнетизме и об электричестве» [61, с. V]. Цамминер рассмотрел методы определения термических (температур кипения и плавления, теплоемкостей) и оптических свойств веществ. Но использование этих характеристик для установления состава веществ было проанализировано Коппом в третьем разделе учебника.

В предисловии к учебнику Копп прямо формулирует его задачи: «В предлагаемом сочинении, — пишет он, — должны быть изложены важнейшие результаты, к которым пришли в теоретической и так называемой физической химии, изучающей отношения между химическими и физическими свойствами» [61, с. 4].

Такая формулировка целей и задач физической химии довольно близка к принятой в настоящее время. «Основная общая задача физической химии — предсказание временного хода химического процесса и конечного результата... на основании данных о строении и свойствах молекул веществ, составляющих изучаемую систему», — читаем мы в фундаментальном учебнике по физической химии²⁹, опубликованном спустя более чем сто лет после появления книги гиссенских профессоров. Нельзя забывать, что Копп сформулировал цели и задачи физической химии примерно за четверть века до того, как она превратилась в самостоятельное научное направление.

В соответствии с таким пониманием целей и задач физической химии Копп излагал материал в написанных им разделах учебника.

Спустя два года после появления этой книги на немецком языке (1857) в Москве был издан перевод отдельных разделов, написанных Коппом, под названием «Теоретическая химия Буффа, Коппа и Цамминера» в четвертом (химическом) отделе серии «Библиотеки естественных и математических наук» [61]. Редактором этого отдела был заведующий кафедрой химии Московского университета Н. Э. Ляковский (1816—1871), который в 40-х годах XIX в. работал в гиссенской лаборатории Либиха.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ

Х И М И Я

КОПЛА.

ПРОФЕССОРА ГИДДЕМСКАГО УНИВЕРСИТЕТА

Переводъ съ нѣмецкаго

МОСКВА.

Къ типографіи Каткова и К^о. и Грачева и К^о
1860.

Титульный лист «Теоретической химии»

Естественно, он считал целесообразным ознакомление русских химиков с передовыми химическими воззрениями и отобрал для этого из весьма объемистого учебника разделы, освещавшие последние достижения зарождающейся физической химии. Однако вызывает удивление тот факт, что, прекрасно зная, кем написаны эти материалы, Лясковский указывает всех трех авторов немецкого издания учебника. Эта же ошибка была повторена и при стереотипном переиздании перевода через год (уже без указания редактора), но только в части тиража *.

Перевод разделов, написанных Коппом, по существу представляет собой один из самых ранних учебников физической химии (с некоторыми элементами теоретической химии). В русском издании переводчики не поместили тех строк из предисловия, в которых Копп дает определение физической химии. Думается, что это «упущение» лишний раз подчеркивает новаторский характер книги, даже замысел которой могли понять отнюдь не все современники. Только в неявном виде это определение нарождающейся области знаний попало на страницы русского издания: «Часто можно доказать связь между физическими свойствами и химическим составом, и точное определение этих свойств может в некоторых случаях служить контролем для верного определения состава, так что знание свойств физических иногда прямо подтверждает знание свойств химических» [61, с. 8].

«Физико-химическая» направленность характерна и для дальнейшей научной деятельности Коппа.

Письма Коппа к Либиху этого периода не отличаются разнообразием: это отчеты о проделанной работе и обсуждение планов исследований. «До начала прошлой недели, — читаем в письме Коппа к Либиху от 10 ноября 1863 г., — я непрерывно проводил опыты над удельной теплотой (теплоемкостью. — Авт.) твердых веществ... Я никогда еще не выполнял исследований, которые на такой широкой основе привели бы к столь тонкому и чрезвычайно простому результату, который можно положить в основу для надежного определения удельной теплоты каждого твердого соединения» ³⁰.

* В Фундаментальной библиотеке МГУ нам удалось обнаружить экземпляр стереотипного издания 1860 г. с заглавием «Теоретическая химия Коппа, профессора Гиссенского университета».

Все эти работы проводились «в заставленной маленькой, тесной комнатке, где едва оставалось место, чтобы встать, и где должны были находиться (кроме самого Коппа. — *Авт.*) ассистент, уборщица и механик»³¹.

Помимо научной работы и чтения лекций Копп занимается и административной деятельностью: в 1860 г. он становится ректором университета в Гиссене.

В 50—60-х годах к ученому приходит широкое научное признание. В 1849 г. его избирают иностранным членом Английского химического общества. Через семь лет университет немецкого города Грейфсвальда присваивает ему степень почетного доктора медицины. В 1860 г. по представлению Либиха Копп избирается действительным членом Баварской академии наук. В 1861 и 1863 гг. его награждают орденами.

Несмотря на плодотворную работу и признание его заслуг, пребывание в Гиссене отнюдь не было легким для Коппа. В письмах к Либиху³² он часто жалуется на стесненные условия для проведения экспериментальных исследований, перегруженность редакторской и преподавательской работой, болезнь жены, скромное материальное обеспечение, неудобную квартиру. Поэтому, когда в апреле 1864 г. приходит приглашение занять должность профессора химии в Гейдельбергском университете, Копп с радостью принимает его³³. Со студенческих времен Коппа преподавание химии в Гейдельбергском университете значительно улучшилось. Там работал знаменитый немецкий ученый Роберт Бунзен*, много сделавший для совершенствования теоретических курсов и практических занятий по химии. Он и посоветовал пригласить для преподавания «европейскую знаменитость» — Германа Коппа.

* Роберт Вильгельм Бунзен (1811—1899), профессор университета в Марбурге (с 1838 г.) и Гейдельберге (1852—1889). В 1852 г. был избран иностранным членом-корреспондентом Петербургской академии наук. Занимался экспериментальными исследованиями в области неорганической, аналитической и физической химии. Он изобрел угольно-цинковый гальванический элемент, получил магний (1852), литий, кальций, стронций и барий (1854—1855), создал точные методы газового анализа. Вместе с профессором университета в Гейдельберге Г. Кирхгофом разработал метод спектрального анализа (1859), интенсивно используемый в химии, физике и астрономии до настоящего времени. При помощи этого метода Бунзен и Кирхгоф открыли цезий (1860) и рубидий (1861). В 1862 г. Бунзен вместе с английским химиком Г. Роско сформулировали основополагающий

Гейдельбергский период

Гейдельбергский университет — древнейший в Германии (основан в 1386 г.) — в начале 1860-х годов был одним из наиболее известных высших учебных заведений в Европе. В нем работали выдающиеся ученые: философы Г. Гегель и К. Фишер, химик Р. Бунзен, физик Г. Кирхгоф, физиолог Г. Гельмгольц, историк Ф. Шлоссер. В университете обучалось много студентов из других стран, в том числе около 100 русских³⁴.

Копп, как и в Гиссене, читал лекции по кристаллографии, теоретической химии и истории химии. Для двух последних дисциплин он впервые разработал систематические учебные курсы. Это способствовало выделению в дальнейшем теоретической химии и истории химии в самостоятельные учебные дисциплины, совершенно необходимые для формирования квалифицированных специалистов.

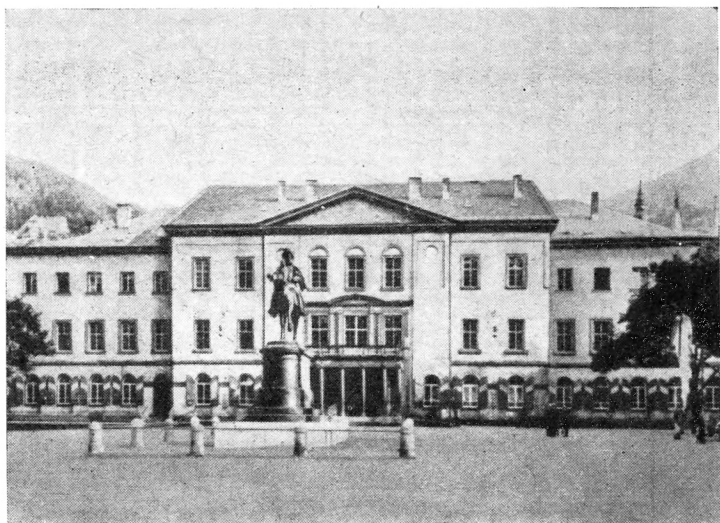
Новый профессор прославленного университета с удовольствием занимался педагогической работой. Его прекрасное знание предмета и мастерство преподавателя привлекали студентов. «С моими лекциями дела идут здесь хорошо, — сообщает Копп Либиху 24 ноября 1864 г., — свыше 50 человек слушают теоретическую химию, другие занятия посещаются тоже очень хорошо»³⁵. Для Коппа очень важно было в начале своей работы в столь знаменитом университете оправдать высокое мнение о себе как о преподавателе. И это ему удалось. «Я затратил на подготовку моих лекций очень много времени и труда, но зато теперь я имею много очень внимательных слушателей. Это доставляет мне истинную радость»³⁶, — пишет он Либиху через три недели. Хорошее настроение не покидало его и в последующие годы. «Успех у коллег ощущается как душевное здоровье», — это уже из письма 1866 г.³⁷ Действительно, к Коппу очень хорошо относятся в новом для него университете как студенты, так и коллеги. Он занимает высокие административные должности: декана естественного факультета, проректора и ректора Гейдельбергского университета.

закон фотохимии, названный впоследствии их именами. И наконец, Бунзен известен как создатель широко используемых лабораторных приборов: фотометра с масляным пятном (1843), газовой горелки (1855), ледяного калориметра (1870) и т. д.

Lieber Wilhelm?

[illegible]

29



Гейдельбергский университет (середина XIX в.)

В гейдельбергский период Копп много пишет: книги, брошюры на самые различные темы. Это — введение и важная глава «Теории состава тел» в классической книге Вёлера «Основы неорганической химии» [75, 76], «К истории химии» [77, 78, 82], «Былое и современное химии» [72], «Развитие химии в новое время» [79, 81], «Кое-что о данных погоды» [84], «Алхимия в древности и в новое время» [92].

В первые годы Копп не мог привыкнуть к относительно бурному темпу жизни в Гейдельберге по сравнению с тихим и провинциальным Гиссеном. «Гиссен представляется мне все еще как идеальное место для работы. Здесь, в этой европейской гостинице, можно в течение целого дня не найти дома ни часу, чтобы по-настоящему поработать, а поток людей, которые направляются в Париж или возвращаются оттуда *, делает это лето еще оживленнее» ³³, — пишет он Либиху из Гейдельберга 14 июня 1867 г. Однако хорошие условия для научной работы, глубокое уважение, которым он пользовался у студентов и профессоров, уча-

* В Париже в то время проходила Всемирная выставка.

ствие в руководстве делами старейшего в Германии университета, обеспеченная жизнь, привязанность жены к Гейдельбергу — все это способствовало быстрой «адаптации» на новом месте. Но самым главным для Коппа была возможность тесного общения и совместной работы с крупнейшими учеными — коллегами по преподаванию в университете. «Уже один Бунзен удерживает меня в Гейдельберге»³⁹, — любил повторять он в то время. Он отказывается от неоднократных и весьма лестных предложений занять кафедры в таких прославленных университетах, как Берлинский и Лейпцигский.

После того как Копп прочно обосновался в Гейдельберге, режим его работы стал таким же уплотненным, как и в Гиссене. Он продолжает исследование физических свойств органических соединений: теплоемкостей, точек кипения и удельных объемов. Последняя работа в этом направлении «О молекулярных объемах жидкостей» [96] была опубликована им за три года до смерти.

Помимо проведения физико-химических исследований он переиздает учебник кристаллографии, много пишет по истории химии, метеорологии, занимается популяризацией знаний (читает лекции, публикует брошюры), издает работы Либиха и Вёлера, продолжает редактировать «Анналы химии и фармации». Он даже находит время для участия в остроумных мистификациях и поздравлениях к юбилеям своих прославленных друзей-химиков. Немало веселых минут доставили присутствующим блистательные речи Коппа на праздновании 70-летия Бунзена — «Из мира молекул» [93] и 80-летия Вёлера — «Золотая цепь Гомера» [87].

В 1869 г. Копп избирается почетным членом Немецкого химического общества (впоследствии он стал его президентом), а в 1888 г. — иностранным членом Лондонского королевского общества — Академии наук Великобритании.

Напряженная научная работа, редакторская деятельность, популяризация науки, административные и преподавательские обязанности — со всем этим Коппу уже трудно было справляться. В 1890 г. он по состоянию здоровья был вынужден оставить преподавательскую работу. Через два года, 20 февраля 1892 г., Герман Копп скончался в Гейдельберге — городе своей студенческой молодости. На гейдельбергском кладбище ему установлен памятник, колонна, увенчанная лавровой ветвью.

Проблема состав — свойство

Анализ экспериментальных исследований Германа Коппа показывает многоплановость его научного творчества: здесь изучение и удельных объемов веществ, и их теплоемкостей, и плотностей, и точек кипения органических соединений. Но все его работы подчинены основной идее — установить зависимости между составом веществ (а также образуемых ими систем) и их физическими свойствами. Так целенаправленно решением этой задачи до Коппа никто не занимался. Его работы в немалой степени способствовали превращению разрозненных исследований этой зависимости в важное направление развития химии XIX в.

Совсем непросто было Коппу заниматься изучением «стехиометрии физических свойств простых и сложных тел». Ведь в начале его экспериментальной работы не было достаточно точных способов измерения физических свойств. Ему приходилось не только выполнять физические измерения, но и готовить и очищать исследуемые вещества, а также создавать специальные приборы для их исследования. Наконец, он проделал огромный труд по математической обработке экспериментальных данных. Таким образом, в лице Коппа соединились знания и умение химика-органика, физикохимика, физика, создателя научных приборов и математика.

Основными направлениями физико-химических работ Коппа были следующие.

1. Изучение удельных объемов, т. е. исследование характера связи между удельными и молекулярными весами веществ.

2. Установление отношений между точками кипения и «рациональным» (т. е. не только процентным, весовым или

элементным, но и групповым) составом веществ — в первую очередь органических соединений.

3. Анализ теплоемкостей жидкостей и твердых тел.

4. Выявление зависимостей между составом и свойствами двойных систем.

При рассмотрении физико-химических работ Коппа мы сосредоточим основное внимание именно на этих направлениях исследований.

Удельные объемы

Первые работы

В магистерской диссертации «Удельные объемы» (1856) Д. И. Менделеев дал следующее определение этой важной характеристики физических свойств вещества: «Удельный объем $V = \pi/\Delta$ (где π есть вес пая, эквивалента или частицы и Δ — удельный вес) означает... объем химической частицы»¹. Менделеев отмечал, что впервые этот термин употребил Копп в докторской диссертации (1838)². Но Копп не был пионером в изучении характеристик физических свойств веществ, связанных с определением их объемов (так называемых объемных характеристик): еще в 1811 г. А. Авогадро обратил внимание исследователей на важность их определения для установления состава и относительных молекулярных масс (т. е. относительных молекулярных весов) веществ. Состав соединений итальянский физик определял из отношения объемов их составных частей, а молекулярный вес — как частное от деления удельных весов анализируемого вещества и водорода. Аналогичным образом он предложил определять удельные объемы твердых веществ³.

С этого времени удельный вес стал использоваться исследователями для определения относительных молекулярных весов и уточнения состава различных веществ.

В 1821 г. Ж. Дюма и А. Ле Руайе была введена новая физическая характеристика жидких и твердых веществ — эквивалентный объем⁴, которую Копп почти через два десятилетия стал интенсивно изучать, назвав ее «удельным объемом» [2]. Французские ученые не только предложили способ нахождения новой физической характеристики (частное от деления веса вещества на его удельный вес), но и рассчитали эквивалентные объемы 20 металлов и 18 их

соединений. Оказалось, что для металлов совокупность этих величин можно довольно приближенно охарактеризовать как арифметическую зависимость. Для соединений металлов они не сумели определить характер зависимости между эквивалентными объемами.

Однако Дюма и Ле Рой даже не попытались сделать следующий шаг — использовать эквивалентные объемы для определения природы исследуемых веществ. И только через три года объемная характеристика веществ была, наконец, использована для суждения об их составе: в 1824 г. английский ученый У. Хирапат⁵ определил удельные веса 42 металлов, их окислов и солей при температуре 62—64° С. Сопоставив полученные величины с составом исследуемых соединений, он пришел к эмпирическому заключению, которое назвал «основным законом»: «Все металлы соединяются с кислородом в обратном отношении их плотностей»⁶. Экспериментально им было доказано, что при переходе от платины к мышьяку плотность окислов уменьшается (от 21,47 до 5,72), а количество кислорода в соединениях растет (с 4,42 до 31,58%). На основании пяти экспериментальных результатов он показывает соблюдение открытого им «основного закона» для газообразных веществ. При переходе же кислорода из газообразного состояния в твердое (в составе окисла) объем его резко уменьшается (в 2000—3000 раз), составляя лишь малую величину от объема металла. Это явление исследователь назвал «вторым законом».

Как видим, в 20-х годах измерение удельных объемов и объемных характеристик имело важное значение для установления состава веществ. Не удивительно, что это направление исследований привлекло к себе внимание Коппа в конце 1830-х годов.

В одной из первых публикаций (сокращенном варианте докторской диссертации) Копп, анализируя величины определенных им и другими авторами удельных весов соединений металлов и неметаллов, пытался решить вопрос «об изменении удельного веса, которое претерпевает смесь, когда она переходит в химическое соединение» [2, с. 133]. Для выражения удельного веса смеси Копп предлагает воспользоваться введенными им характеристиками физических свойств веществ — удельными объемами. Что же понимал Копп под смесью и чем она, по его мнению, отличалась от химического соединения? Смесь, равно как и сое-

динение, в соответствии с широко распространенной в то время электрохимической (дуалистической) теорией Берцелиуса, рассматривалась Коппом состоящей из двух частей — электроположительной и электроотрицательной. Но в отличие от соединения в смеси не проявляется индивидуальность целого, влияющая на физические свойства веществ и соответственно на константы, их характеризующие.

На основании этих рассуждений Копп записал следующие аналитические выражения для удельных объемов смеси:

$$V = A/S \text{ и } v = a/s,$$

где V и v — удельные объемы соответственно отрицательной и положительной частей смеси, A и a — вес этих частей, S и s — их удельный вес.

Тогда удельный вес смеси d можно, по мнению Коппа, выразить следующей формулой:

$$d = \frac{A + a}{V + v}.$$

При превращении смеси в соединение ее удельный вес изменяется от d до D (D — удельный вес соединения). Определение коэффициента пропорциональности между этими двумя величинами Копп считал одной из главных задач своей работы. Используя уже здесь аддитивный метод расчета физических свойств целого из свойств составных частей, он рассматривает химическое соединение как специфический химический индивид. Наиболее простым и целесообразным он считает учет влияния на удельный вес соединения природы его составных частей. Эти влияния Копп обозначил как x и y . Если известен удельный вес (плотность) частей смеси и самой смеси, то удельный вес соединения он определяет по следующей формуле:

$$D = \frac{Ax + ay}{V + v}.$$

Копп предусмотрел даже случай, когда неизвестен удельный вес одной из составных частей соединения. В этом случае V заменяется на A/Z , где Z — неизвестная, но постоянная величина. Тогда предыдущее выражение принимает вид

$$D = \frac{Ax + ay}{(A/Z) + v}.$$

В большинстве случаев v мало, а A и a настолько велики по сравнению с x , y и Z , что даже значительные изменения последних слабо влияют на D . «Впрочем, кажется,— отмечает Копп,— что в классах аналогичных тел, как, например, в окислах металлов, x , y и Z имеют одни и те же постоянные значения» [2, с. 135].

Таким образом, Копп не только предложил определенную аддитивную схему для расчета важных физических свойств соединений, но и показал различие удельных весов смесей и химических соединений, обусловленное их спецификой.

Особенности подхода Коппа к изучению основных физических свойств веществ наглядно проявились уже в его первых работах: его интересует не просто абстрактная природа соединений, а изменение удельных весов и соответственно удельных объемов конкретных веществ. Так, наблюдая постоянные значения x , y и Z у окислов металлов, Копп считает, что «вряд ли эти константы останутся такими же в других неметаллических соединениях» [2, с. 135].

Копп сознательно пренебрегал влиянием на эти величины изменения удельного веса в зависимости от агрегатного состояния вещества, считая, что оно само выявится в результате расчетного определения x , y и Z из экспериментальных данных. «Всегда из трех наблюдений,— писал он,— можно определить x , y и Z , а три другие наблюдения над соединениями того же класса дадут значения x , y и Z , немного отличающиеся. Только в редких случаях отклонения столь значительны, что их нельзя приписать ошибкам опыта» [2, с. 135]. Копп определил значения x , y и Z для каждого класса соединений. А знание этих величин позволило ему рассчитать значения удельных весов 32 элементов.

Частное от деления веса вещества на его удельный вес Копп называл удельным объемом и считал, что «эта величина находится в тесной связи с сущностью тел» [2, с. 136]. Разделив известные ранее веса элементов на полученные расчетные величины, Копп определил их удельные объемы (более $\frac{2}{3}$ из них составляют металлы). Заслугой Коппа является также выяснение генетической связи удельных объемов с другими физическими характеристиками веществ. «...Как веса — относительные величины по отношению к массе, так и удельные объемы — к объемам веществ», — замечает он [2, с. 137]. Этот вывод Коппа, по

существо, ничем не отличается от несколько более точного определения, данного через 17 лет Менделеевым. «Удельный объем,— писал Менделеев в магистерской диссертации,— показывает отношение объемов химически соединяющихся тел подобно тому, как пай [эквивалент] показывает их весовые отношения»⁷.

Более того, Копп на основании экспериментальных данных сделал вывод о том, что в некоторых случаях наблюдаются «интересные соответствия между аналогичным химическим поведением и одинаковым удельным объемом» [2, с. 136]. Так, у близких по свойствам групп атомов элементов (галогены; Cr, W, Mo, Fe, Mn, Ni, Co и некоторые другие) удельные объемы почти одинаковы. Однако это наблюдение не подтверждалось для удельных объемов таких близких по свойствам элементов, как, например, серебро и золото. Но это не останавливает Коппа. Он пытается (как это было принято у некоторых ученых первой половины XIX в., особенно у Авогадро) связать удельные объемы с максимально широким кругом физических и химических свойств веществ и приходит к выводу, что «существует связь между равными удельными объемами металлов и изоморфизмом их соединений» [2, с. 150].

Копп намечает расширить изучение удельных весов различных веществ. «Только точное определение удельного веса *многих тел в кристаллической форме и при различных температурах* может привести к пониманию проблемы удельного веса с учетом его изменения под действием тепла»,— пишет он [2, с. 152—153].

Менделеев детально изучил эту работу Коппа и дал ей неоднозначную оценку. Так, он отмечал, «что закон Коппа [правило аддитивности] имеет некоторую применимость... для тел, весьма близких между собою»⁸. Но в общем, по его мнению, «теория, предложенная Коппом, далеко не удовлетворяет фактам, что можно было предугадать по совершенной произвольности ее главного начала»⁹, которое Менделеев сформулировал следующим образом: «При химическом соединении изменяется удельный объем каждой из составных частей. Это изменение... *равномерно* распространяется на всю массу сложного атома или на каждую часть его, пропорционально массе этой части»¹⁰. Однако это положение Коппа является логическим следствием его общих представлений о влиянии природы соединений на их физические свойства. Развивая эти

представления, Копп приступил к изучению природы связи между изоморфными кристаллическими структурами и удельными весами веществ. О результатах [7] он доложил на заседании физико-химической секции общества естествоиспытателей в Эрлангене. В этой работе атомный объем — удельный объем атома («частное от деления атомного веса на удельный» [7, с. 2]) Копп рассматривает как основной признак состава вещества, впервые придавая такое важное значение новой физической характеристике.

В начале доклада он проводит строгий отбор понятий, необходимых для изложения своих взглядов, показывает их генезис из основополагающих физических и химических принципов и на этом основании пытается рассмотреть с единых позиций довольно далекие на первый взгляд физические свойства тел. «Термин *атомный объем*, — писал Копп, — происходит из одновременного изучения *атомного веса* и *удельного*. Выражение *удельный вес* — также из одновременного анализа *массы* и *объема*. Понятие массы является в химии основой, на которой базируется представление об *атомном весе*. Понятие объема также присуще химии: правильно ограниченный объем называется кристаллом. Здесь мы имеем связь между *атомным весом*, *атомным объемом* и *кристаллической формой*. *Изоморфными телами* называются такие, которые при аналогичном составе обладают той же самой кристаллической формой» [7, с. 2]. На основании этих определений Копп вполне естественно делает вывод, что различие удельных весов изоморфных веществ определяется их неодинаковыми атомными весами.

Рассматривая далее физические свойства изоморфных тел, он приходит к выводам, которые впоследствии легли в основу кристаллографии:

«У изоморфных тел удельные веса относятся таким же образом, как и их атомные веса.

Изоморфные тела имеют одинаковые атомные объемы.

Мельчайшие частицы изоморфных тел равны друг другу не только по форме, но и по величине» [7, с. 3].

Все эти положения полностью справедливы лишь для абсолютно изоморфных тел, которых тогда было известно немного. Большинство тел, считавшихся изоморфными, образовывали кристаллы, несколько отличавшиеся по величине друг от друга. Определив величины удельных объемов довольно большого числа металлов и их соединений

(металлы: Au, Ag, K, Na; окислы: Ni, K, Al, Fe, Cr, Mg, Mo, Pb, Ba, Zn, Cu; сульфиды: Sb, As, Ni, Co, Ag), Копп пришел к выводу, что «атомные объемы изоморфных тел очень близки друг к другу» [7, с. 13]. Этот вывод уже несколько корректирует сделанные им обобщения о характере удельных объемов изоморфных тел.

Но полученные результаты оказались не совсем понятны Коппу, который задается вопросом: «почему они [атомные объемы] часто не абсолютно равны?» [7, с. 13]. Он, конечно, не считает совершенно точными результаты опытных определений атомных объемов (вернее, их вычислений на основании экспериментальных значений удельных весов и формул соединений), однако не только этому склонен приписывать наблюдаемое различие атомных объемов изоморфных тел. «Каждое различие в форме [тел] отражается в различии атомного объема» [7, с. 14], — абсолютно справедливо замечает Копп. И это положение он подтверждает экспериментально при сопоставлении атомных объемов и кристаллографических характеристик (например, соотношения ромбических осей кристаллов) различных минералов — карбонатов Ba, Pb, Sr, Ca. В этих случаях наблюдается прямая пропорциональность между характером изменения кристаллических характеристик и величинами атомных объемов твердых тел. При рассмотрении же карбонатов Zn, Mn, Fe подобной пропорциональности не наблюдается.

На основании экспериментальных данных Копп, верный своему стремлению к количественным исследованиям, предлагает формулу, связывающую кристаллическую форму тел (она характеризуется W — углом между конечными ребрами в ромбоэдрических кристаллах) с величиной атомного объема v ,

$$1/W = av,$$

где a — эмпирический коэффициент пропорциональности.

Более того, Копп опытным путем обнаруживает прямую пропорциональность непосредственно между длиной главной оси A кристаллического тела и его атомным объемом v

$$A^{4,739} = 0,0127671 v.$$

Это уравнение показывает принципиальную возможность определения удельных весов соединений, если знать

их кристаллическую форму. Кроме того, на основании этой зависимости можно сделать вывод, что увеличению атомного объема способствует рост длины оси A . При нагревании кристаллов их плотность и угол между осями уменьшается, но значение A возрастает.

Через год Копп подтвердил это наблюдение, сославшись к тому же на Мичерлиха¹¹, установившего уменьшение удельного веса известкового шпата при повышении температуры на 100°C от 1 до $1/1,001961$. Им было доказано значительное изменение атомных объемов с ростом температуры опыта (естественно увеличение в противоположность изменению удельных весов). Так, при повышении температуры на 100°C атомный объем у известкового шпата возрос от 232,36 до 232,80. В соответствии с выведенной Коппом формулой значение A также несколько менялось.

Оценивая значение первых работ Коппа по исследованию удельных объемов кристаллических веществ, Менделеев писал: «Еще Дюма заметил, что простые тела, сходственные по кристаллической форме, имеют близкие удельные объемы... Копп... равно как и Шрёдер... весьма определенно изъяснили сходство форм равенством или близостью удельных объемов... теперь стало понятным, почему одно вещество, заменяя другое, не изменяет формы. Этой мысли недоставало прочной фактической опоры до тех пор, пока в 1840 и 1841 гг. Копп не дал ей общности, теоретического и фактического развития.

Поэтому Коппа должно считать основателем этого важного закона, подобно тому как Мичерлиха должно считать основателем наших сведений об изоморфизме... Дальтона — основателем атомической теории. Мы полагаем, что открытие закона природы принадлежит тому, кто прежде других его ясно сознавал, а не смутно только предчувствовал, кто себя и других убедил в существовании этого закона рядом фактов и умозаключений. Оттого мы приписываем Коппу открытие законов связи изоморфизма и удельных объемов»¹².

Далее Менделеев приводит два основных «закона» Коппа:

1) удельные объемы изоморфных «тел» * очень близки по величине;

* Под изоморфными телами понимаются близкие по форме вещества кристаллического строения.

2) «для ряда изоморфных тел, с постепенным изменением объема, мало-помалу постепенно изменяются и углы кристаллизации»¹³.

Менделеев очень высоко оценивает открытие Коппом этих закономерностей. «Оба закона Коппа,— пишет он,— имеют прочное и прекрасное фактическое основание, приводят к важному теоретическому выводу и служили с пользой во многих случаях, чего нельзя сказать ни об одном из прошлых и последующих исследований по удельным объемам твердых тел»¹⁴.

Полемика со Шрёдером

Работа Коппа 1840 г. [7] получила не только положительные отклики. Уже через несколько месяцев после выступления Коппа в известном журнале немецких естествоиспытателей «Анналы физики и химии, издаваемые Поггендорфом» появилась статья Г. Шрёдера*, который несколько по-иному рассмотрел характер связи состава и физических свойств (удельных объемов) соединений в твердой фазе¹⁵. Опираясь на экспериментальные исследования своего предшественника Аммермюллера¹⁶, Шрёдер в начале 40-х годов вывел так называемый закон равных остатков¹⁷, гласивший: после вычитания из удельных объемов соединений тех же характеристик их частей остаются величины, равные или кратные вычитаемым. Таким образом, Шрёдер пытался учесть влияние природы соединения на физические свойства его частей. Очень важным

* Генрих Шрёдер (1810—1885), известный немецкий ученый, много сделавший для становления физической химии, родился в Мюнхене. Там прошли его детские и юношеские годы. Там же (в Центральной политехнической школе) началась его педагогическая деятельность (1833—1836) в качестве профессора математики и физики. Переезд в Мангейм, где Шрёдеру была предоставлена хорошо оплачиваемая и позволяющая заниматься научной работой должность директора Высшей гражданской школы, способствовал его творческому взлету. С 1840 до 1873 г. им было опубликовано свыше 30 исследований. Как и работы Коппа, они были посвящены преимущественно изучению связи между физическими характеристиками (удельными объемами, точками кипения, молекулярными рефракциями) и «рациональным» составом веществ. Большая часть его исследований посвящена разработке теории удельных объемов. В 1873 г. Шрёдер вышел в отставку и до самой смерти жил в Карлсруэ. Свою последнюю научную работу он опубликовал за 2 года до смерти.

условием, вызывающим несовпадение расчетных и экспериментальных значений удельных объемов твердых тел, Шрёдер считал температуру эксперимента.

Вскоре вышла в свет небольшая книга Коппа «Об удельном весе химических соединений» [9], в которой он внимательнейшим образом проанализировал работу Шрёдера и обнаружил, что экспериментальные результаты в ней заметно отличаются от постулированной Шрёдером кратности в изменениях удельных объемов веществ (отклонения составили в среднем 15—30%). Отсюда Копп сделал вполне естественный вывод, что доводы Шрёдера, не обоснованные экспериментально, являются удобным объектом для критики. Полемика Коппа со Шрёдером о влиянии природы веществ на характеристику их физических свойств продолжалась длительное время и в немалой степени способствовала развитию представлений об удельных объемах веществ как о важных физических характеристиках их состава.

Копп более правильно, чем его оппонент, представлял чрезвычайно сложный характер проблемы, понимая, что современный уровень развития химии (середины 40-х годов XIX в.) не позволяет всесторонне проанализировать влияние природы веществ на их физические свойства. Именно поэтому постулаты Шрёдера — ни «закон равных остатков», ни положение о строго аддитивном характере удельных объемов соединений, не выдерживали строгой экспериментальной проверки. Удельные объемы соединений, определенные опытным путем, в очень редких случаях точно равняются сумме удельных объемов их составных частей-элементов.

Копп рассматривал различные случаи соотношения между «первичными атомными объемами» (удельными объемами отдельных частей) и удельными объемами соединений. Если объем соединения был больше объема каждого из компонентов, то, по его мнению, требовалось дополнительное исследование, чтобы узнать, изменяются ли при образовании соединения «первичные атомные объемы».

Копп чрезвычайно осторожен в своих выводах. Он считает бесспорным лишь рассуждения подобного типа: если удельный объем соединения меньше «первичного атомного объема», хотя бы одного из его элементов, то лишь в этом случае при образовании соединения «первичный атомный объем» уменьшается. Но даже тогда Копп от-

казывается определить, какой именно из элементов изменяет свой удельный объем при образовании соединения. Только в одном случае он в соответствии с представлениями Шрёдера полагает, что в соединениях одного класса, содержащих общий элемент с известными удельными объемами, можно определить «первичный удельный объем» общего элемента, если известны удельные объемы остальных элементов, входящих в эти соединения. По мнению Коппа, это наблюдение Шрёдера подтверждается для соединений тяжелых металлов. Удельные же объемы солей щелочных и щелочноземельных металлов, как правило, меньше «первичных атомных объемов» входящих в них металлов.

Копп не просто постулировал в общем неодинаковые значения удельных объемов соединений и их составных частей. Он предложил способ расчетного определения удельных объемов, основанный на аддитивной схеме. Записав соединения тяжелых и легких металлов соответственно в виде

$$M+R \text{ и } m+R,$$

Копп принимает обозначение удельного объема соединений тяжелых и легких металлов соответственно за A и a . «Первичный атомный объем» тяжелого металла он обозначает B , а легкого — b . И наконец, удельный объем общего для двух рассматриваемых соединений элемента R Копп обозначает через x . Таким образом, можно записать относительно этого элемента следующее уравнение:

$$A-B=a-b=x.$$

Тогда «первичный атомный объем» легкого металла можно определить по формуле

$$b=a-x.$$

На основании этих рассуждений Копп приводит расчеты удельных объемов и весов различных солей и добивается неплохих совпадений расчетных и экспериментальных величин (ошибка в основном лежит в пределах 5%). Это не удивительно: ведь он сопоставлял соединения, содержащие одну общую группу, и для расчета использовал значения удельного объема именно этой группы.

Подобного же рода совпадения были получены им при прохождении удельных объемов и весов карбонатов ще-

лочных и щелочноземельных металлов, таких, как Na, Ba, Ca, Mg, K. Все эти расчеты проводились Коппом лишь для подтверждения аддитивной схемы определения удельных объемов металлов. В этом нетрудно убедиться, если при-
смотреться к приведенной в его работе табл. 1 величин молекулярных объемов соединений и их удельных весов [9, с. 20].

Таблица 1 *

Соединение	Молекулярный объем (расчетные данные)	Удельный вес (расчетные данные)	Удельный вес (опытные данные)
BaCO ₃	47,1	4,19	4,24—4,32
CaCO ₃	33,8	2,96	2,7—3,0
KCO ₃	61,6	2,25	2,26
[K ₂ CO ₃]			
MgCO ₃	30,6	22,80	2,61—2,98
NaCO ₃			
[Na ₂ CO ₃]	45,0	2,37	2,47
SrCO ₃	41,5	3,56	3,60—3,62

Как мы знаем, удельный вес определялся Коппом делением молекулярного веса соединения на его удельный (молекулярный) объем. Поэтому расчетный удельный вес приведенных в таблице соединений Копп находил делением молекулярного веса на вычисленный по его формулам удельный объем молекулы. Например, для MgCO₃ расчетный удельный вес он находил следующим образом: 25 (современное ему значение атомного веса магния, определенное Берцелиусом) + 12 + 16 × 3 = 85 : 30,6 = 2,75. Для SrCO₃ аналогичный расчет дает:

$$(88+60):41,5=3,56.$$

Значения же молекулярных объемов соединений находят при помощи аддитивной схемы расчета характеристик

* В квадратных скобках дано современное написание формул. Значения удельных весов пересчитаны с учетом применяемой в настоящее время системы атомных масс элементов (по отношению к углеродной единице, а не к массе кислорода, принятой за 100, как было у Коппа).

их физических свойств. Не во всех даже близких по составу соединениях значения удельного объема одинаковы для одной и той же группы атомов. Так, для сульфатов Cu, Ag, Zn, Ca, Mg, Na удельный объем SO_4 Копп определил как 37,8, а для сульфатов Pb, Ba, K, Sr он оказался равным 29,8. Также и хлор в различных соединениях обнаруживает два значения удельных объемов (15,7 и 19,8). Копп показал, что удельный объем многих окислов — Pb, Cu, Mn, Hg, Zn, Bi, Sn (III группа), Mo, Ti, Pb, Fe(II), Fe(III) — можно с удовлетворительной точностью рассчитать из предположения, что удельный объем кислорода составляет 5,1. Для других окислов — Sb(IV), W(VI), Cr(III), Hg, Zn, Bi, Sn (III группа), Mo, Ti, Pb, Fe(II), Fe(III) — зывается, существуют даже три значения удельных объемов: 8,5; 15,0 и 17,6.

Эти данные Коппа, с одной стороны, показывали, как сильно влияет природа соединения на величину столь важной его физической характеристики, как удельный объем, а с другой — свидетельствовали о сугубо эмпирическом характере установленных зависимостей и невозможности сделать общий вывод из полученных закономерностей.

Не вполне точные выводы были сделаны Коппом в этой работе также и относительно возможности использования удельного объема кристаллизационной воды для определения удельного объема гидроксидов и некоторых гидратированных солей. Позже было показано, что некоторые классы гидратированных солей (например, квасцы) имеют примерно один и тот же удельный объем (для квасцов он равен 277). Для соединений типа $\text{M}_1\text{M}_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ эта величина равна 207. Остальные серосодержащие соединения с общей формулой $\text{MSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ независимо от их изоморфности имеют удельный объем, равный 146. Естественно, такие сугубо эмпирические заключения о величине удельных объемов соединений, слабо учитывающие их химическую индивидуальность, не могли послужить основой для широких обобщений о зависимости удельных объемов гидратированных солей от их состава.

В начале 80-х годов XIX в. были установлены более точные отношения между удельными объемами гидратированных солей и степенью их гидратации¹⁸. Исследователи экспериментально подтвердили высказанное ранее Коппом предположение о том, что в случае малой гидратации соли (от 1 до 3 молекул воды) удельный объем молекулы

равен 12,4; при повышении степени гидратации (2—7 молекул воды) он составит 13,4, при большей гидратации эта величина достигнет 15,3.

Так, уже в этой работе [9] Копп достаточно наглядно показал ограниченность высказанного Шрёдером предположения о простой пропорциональности между удельными объемами элементов в соединении и свободном состоянии. Впоследствии многие химики согласились с точкой зрения Коппа¹⁹.

Но не все ученые смогли увидеть принципиальную разницу в рассмотрении влияния свойств целого на характеристики его составных частей у Коппа и Шрёдера. Так, Менделеев писал: «В 1874 г. появилась вторая теория Коппа. Основания ее те же почти, что и у Шрёдера, только здесь устранены кратные коэффициенты»²⁰. А ведь именно устранение этих коэффициентов как результат признания Коппом чрезвычайной сложности установления состава соединений, его вполне оправданный скептицизм относительно возможности создания в то время общей теории состава и физических свойств веществ и неизменное отстаивание им аддитивной схемы расчета физических свойств соединений составляют прогрессивную методологическую основу для исследования физических свойств веществ. Поэтому вызывают недоумение столь резко отрицательное отношение Менделеева к отдельным недостаточно обоснованным положениям Коппа и одновременно столь лестная его оценка первых выводов Коппа о корреляции между удельным объемом и изоморфизмом кристаллических веществ.

По-видимому, Менделеев излишне строго судит Коппа из-за того, что его в общем правильные теоретические положения не могли в то время быть подкреплены точными экспериментальными результатами. Действительно, хотя Копп понимал, что в первой половине XIX в. невозможно было установить строгую математическую зависимость изменения свойств элементов при образовании нового соединения, приверженность аддитивной схеме определения физических свойств соединения привела его к проведению некоторых расчетов на основании постулированного Шрёдером правила «равных остатков». Правда, расчеты, основанные на этом «законе», Копп провел только для соединений, обладающих общей составной частью. Но, как заметил Менделеев, «этот закон справедлив лишь для

определения удельных объемов газообразных веществ... Для тел твердых,— подчеркивает он далее,— закона равных остатков вовсе не существует: его могли найти только тогда, когда, сопоставив предварительную теорию, подыскивали к ней несколько приближенно удовлетворяющих фактов. Признавая изменчивость объемов щелочных металлов, кислорода и других, сами защитники этой теории отчасти уже опровергли себя»²¹.

Для подтверждения этих рассуждений Менделеев определил удельный объем кислорода в окислах различных тяжелых металлов. Хотя в 26 проанализированных им случаях удельный объем изменился в весьма широком интервале значений (от 9,8 до 101,1), почти в половине его же расчетов (в 11 опытах) получились величины, колеблющиеся между 29 и 36. Близкие значения величин наблюдались и в других местах указанного интервала (между 60 и 70). Менделеев пытается объяснить такие совпадения. Опереться на представления Коппа и Шрёдера он не может, так как считает их ложными. Поэтому он ограничивается простой констатацией факта неполного совпадения экспериментальных данных с теоретическими положениями Коппа в одном из частных случаев. Но Копп и сам был против упрощенного толкования связи между составом соединения и его физическими свойствами. «Здесь есть несколько пар тел равноостаточных,— отмечает Менделеев,— но, говоря вообще, объем кислорода изменяется от 26 до 66 весьма постепенно и никак не может быть подведен под числа, данные Коппом (32 и 64). Несогласие теории с практикой не могут изъяснить в этом случае никакие побочные обстоятельства»²².

Помимо собственных расчетов Менделеев приводит в своей магистерской диссертации и таблицу удельных объемов элементов, составленную Коппом. В последней совпадение величин «остатков» наблюдается в 18 случаях. Если прибавить сюда 11 «равноостаточных» значений удельных объемов элементов, определенных Менделеевым, то получится довольно внушительный ряд экспериментальных данных, на основании которых можно было сделать хотя бы предварительные выводы о характере влияния природы соединений на их физические свойства. «Впрочем, сам Копп считал свои числа и законы только первой попыткой, требующей дальнейших подтверждений»²³,— отмечает Менделеев.

Среди «некоторых достоинств» работы Коппа Менделеев отметил создание нового метода исследования, в котором, по его мнению, «умозрение дало главный закон (закон суммы), а факты — все побочные»²⁴. Под «побочными» Менделеев подразумевал выводы, сделанные Коппом на основании «закона равных остатков».

Менделеев обнаружил ограниченность применения «закона равных остатков» (на всеобщности которого, кстати, настаивал отнюдь не Копп, а Шрёдер). При анализе большого количества экспериментальных результатов он показал существенные отклонения от этого закона... Не принял Менделеев и других выводов Коппа: о преимущественном изменении удельного объема «электроположительных тел», о различном изменении удельного объема тяжелых и щелочных металлов при образовании их окислов. Он обнаружил также у Коппа в ряде случаев абсолютно нереальные значения удельных объемов элементов (так, удельный объем калия в окисле равен 234, а окисла калия всего... 221). Одной из причин подобных выводов Менделеев считает неверный выбор экспериментального критерия. «Каждый исследователь, — пишет он, — поверял свое мнение над удельным весом, а не над объемом. Оттого значительные ошибки прикрывались малостью величины удельного веса»²⁵.

И тем не менее все эти замечания не давали оснований Менделееву отнестись к этой очень интересной и сыгравшей значительную роль в развитии химии работе как к явному заблуждению, которое он охарактеризовал как «одно только насилование фактов»²⁶.

«Взаимные нападения, — писал Менделеев о полемике Коппа со Шрёдером, — занимали большую часть всех произведений Коппа и Шрёдера и отличались подробной критикой частных обстоятельств и мелких вопросов»²⁷. Это высказывание тоже далеко от справедливости. Действительно, и Копп, и Шрёдер скрупулезно изучали работы друг друга и выступали с критикой тех теоретических положений, которые они считали неверными. Иногда их полемика принимала и довольно резкий характер. Однако и Копп, и Шрёдер «брали на вооружение» принципиальные теоретические положения в работах оппонента.

Так, Копп в начале 40-х годов развил представления Шрёдера о значительном влиянии на величины удельных объемов различных веществ температуры экспериментов,

а Шрёдер после выступлений Коппа решил рассмотреть более детально характер изменения удельных объемов при образовании твердых неорганических соединений²⁸. Но при этом он не собирался отказываться от собственных теоретических положений о значительном влиянии на величины удельных объемов твердых тел температуры и преимущественно кратном изменении удельных объемов элементов при образовании соединений. Оба эти предположения носили в общем умозрительный характер. Но если первое имело большое значение для развития химии, то второе порождало при его практическом использовании ряд абсолютно произвольных допущений.

Копп наглядно доказал слабую обоснованность предложенного Шрёдером уравнения для определения удельного объема кислотных групп и неточность приводимого решения. Поэтому удельные объемы кислотных групп, полученные Шрёдером, не совпадали с вычислениями других ученых. Так, он определил величину удельного объема группы CO_2 как 172, а у Коппа эти значения оказались равными 188 и даже 156 [34]. Теоретические постулаты Шрёдера были настолько нестроги, что расчет дал различные результаты.

«Главный недостаток новой теории Шрёдера,— писал Менделеев,— есть совершенное устранение точного опыта и опора на одних гипотезах, которые автор не старался подтвердить чем-либо»²⁹.

Полемика Коппа со Шрёдером, как мы уже говорили, обогатила науку теоретическими представлениями о зависимости между составом и физическими свойствами твердых веществ. В результате химики признали справедливость аддитивной схемы расчета физических свойств соединений, обратили внимание на тесную связь между физическими характеристиками (удельными объемами) и составом вещества, стали применять методы расчетного определения физических характеристик твердых неорганических веществ.

Жидкие органические вещества

В 1842 г. Копп начал систематическое исследование удельных объемов жидких органических соединений. Уже в первой работе [25] он обнаружил, что изменение атомных объемов в них значительно меньше, чем в твердых

неорганических, на которые сильно влияла структура вещества (кристаллизационное сжатие). В жидкой фазе проще было выделить чистые препараты и с большей точностью определить их удельный вес. Но и здесь не все было просто: условия эксперимента в большей мере влияли на величины удельных объемов жидких органических соединений, чем твердых неорганических. Кроме того, удельные веса известных в то время органических соединений составляли весьма малые величины, а это зачастую не позволяло обнаружить различие между теоретическими и экспериментальными данными*.

Тем не менее уже в первой работе, посвященной исследованию удельных объемов органических соединений, Копп предложил способ нахождения свойств гомологов на основании аналогичных свойств одного из членов этого ряда, т. е. сделал дальнейший шаг в создании правил неэкспериментального определения удельных объемов веществ на основании знания их состава.

Обобщая результаты экспериментального изучения температур кипения и удельных объемов паров жидких органических кислот и их этиловых и метиловых эфиров, Копп вывел «всеобщий закон», который позволял предсказать влияние состава частей соединений на их физические свойства. Этот «закон» он изобразил в виде схемы, обозначив ее основные компоненты для конкретного ряда органических соединений следующим образом: *A* — гипотетическая безводная уксусная кислота, *B* — безводная муравьиная кислота, *C* — бензойная кислота (α — вода, β — оксиэтил OC_2H_5 , γ — оксиметил OCH_3):

$$\begin{array}{cccc} A + \alpha & B + \alpha & C + \alpha & \dots \\ A + \beta & B + \beta & C + \beta & \dots \\ A + \gamma & B + \gamma & C + \gamma & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots \end{array}$$

Под *A* можно также понимать хлор, под *B* — йод, под *C* — серу и т. д., а под α — водород, β — этил, γ — метил и т. д. [25, с. 169—170]. «Для того чтобы знать важнейшие физические свойства: удельный вес паров и температуры

* Этот вопрос подробно разобран в магистерской диссертации Менделеева³⁰.

кипения всех соединений, содержащихся в этой схеме,— утверждает Копп,— достаточно знать свойства соединений лишь одного горизонтального ряда и одного вертикального ряда» [25, с. 170].

Копп также обратил внимание на очень интересную деталь: оказалось, физические свойства изомерных органических соединений настолько близки друг к другу, что не могут применяться для определения «конституции» * изомеров. И еще в одном случае не соблюдался установленный Коппом «всеобщий закон» — при рассмотрении замещения. История вопроса делает понятным как истинную причину этого исключения из «всеобщего закона», так и попытки Коппа объяснить ее. В расчетной схеме Коппа, базировавшейся на представлениях теории радикалов, принципиально не могло быть учтено изменение состава радикала, что часто происходит при замещении. Наблюдавшееся при этом резкое несовпадение экспериментальных данных с расчетными могло натолкнуть Коппа на пересмотр «всеобщего закона». Но это означало отказ от только что найденной «стройной» схемы, помогавшей ему осмыслить большинство экспериментальных данных. Копп, по-видимому, хотел сначала укрепить ее основание, а затем уже приняться за усовершенствование. Поэтому он нашел более простое объяснение наблюдавшемуся отклонению от «всеобщего закона» — трудность получения чистых реактивов. «Удельный вес и точка кипения,— заключает Копп,— являются не единственными физическими свойствами, которые следуют общему закону. Аналогичные соединения имеют при температурах, довольно далеко отстоящих от точки кипения, аналогичную разницу в величинах удельных объемов» [25, с. 189]. Так он показывает, что аддитивное правило расчетного определения характеристик физических свойств соединений носит довольно общий характер.

Подобные соотношения кажутся Коппу весьма удобными для определения физических свойств и при изменении состава органических соединений (например, при замещении в радикале водорода хлором). В этом случае таблицу можно изобразить следующим образом:

$$\begin{aligned} &A + m\alpha + n\beta, \\ &A + (m-x)\alpha + (n+x)\beta, \\ &A + (m-y)\alpha + (n+y)\beta \text{ и т. д.,} \end{aligned}$$

* Под конституцией понимался «рациональный состав».

где A обозначает остающееся неизменным (весьма условное поэтому) соединение кислорода и водорода, α — водород, β — хлор, остальные коэффициенты позволяют написать различные соединения, образующиеся при последовательном замещении водорода хлором. Сумма α и β постоянна в каждом рассмотренном соединении [25, с. 174]. На основании этих рассуждений Копп предложил эмпирическую формулу изменения удельных объемов при замещении водорода на хлор (увеличение на 80 при замене одного атома).

В работе этого же года [28] и особенно в последующих [31, 32] Копп пытался установить, при каких температурах возможно сравнение удельных объемов органических веществ. Наиболее приемлемым ему показалось предложение, приверженцем которого выступал Шрёдер³¹: «Удельные объемы следует сравнивать при температурах, при которых упругость паров одинакова. Таковы, например, температуры кипения или температуры, равно отстоящие от точки кипения»³².

В 1844 г. Копп вплотную приступил к изучению характера корреляции между химическим составом и физическими свойствами соединений в жидком состоянии [35]. Вначале он решил исследовать характер искомой корреляции при температурах кипения веществ. Но эта посылка имела весьма существенный недостаток — чрезвычайную сложность практической реализации, поскольку в то время были известны лишь три значения (и то довольно приближенно) давления паров жидких веществ: воды, этилового спирта и диэтилового эфира.

Поэтому все расчеты Коппа удельных объемов как отдельных органоенов, так и некоторых органических соединений строились преимущественно на довольно произвольных допущениях. Так, Копп предположил, что удельный объем этилового спирта при температуре кипения равен сумме удельных объемов воды и эфира. На этом основании он предложил записать только два уравнения для выражения удельных объемов основных органоенов, таких, как углерод, водород и кислород, при температурах ниже точек кипения исследуемых веществ. Далее Копп постулировал, что при замещении атомом кислорода двух атомов водорода удельный объем исследуемого органического соединения существенно не изменится. Копп считал также правомерным сравнивать удельные объемы веществ «на

равном расстоянии» от их температур кипения. И наконец, он предположил, что отношение удельных объемов организов (Копп рассматривал преимущественно вещества, состоящие из С, Н и О) в соединении одинаково при всех температурах ниже точки кипения. Это позволяло рассчитать удельный вес соединений при соответствующих температурах. Копп предложил эмпирическую формулу для определения удельных объемов различных органических соединений в некотором температурном интервале $D^{\circ}\text{C}$ от их точек кипения

$$(8a+3b+6c+14d+9e+15f) (9,75-0,01D),$$

где a, b, c, d, e, f — соответственно удельные объемы атомов углерода, водорода, кислорода, хлора, азота и серы.

«Все вычисленные удельные объемы и удельные веса, которые приведены в предыдущих таблицах, можно было бы вывести при рассмотрении этой формулы» [35, с. 110], — писал Копп. А ведь в многочисленных таблицах, содержащихся в его работах, приведены экспериментальные значения удельных объемов и плотностей около 100 органических соединений различных классов при температурах, по-разному отстоящих от точек кипения. Отмечая, что сама по себе эта мысль достаточно интересна для неэкспериментального определения точки кипения, Копп, однако, не считал приведенную им эмпирическую формулу абсолютно правильной. Неточность значений входящих в нее коэффициентов (связанная с приближенным характером экспериментального определения удельных объемов из удельных весов) привела бы, по мнению Коппа, к неверному определению температур кипения. «Даже малая ошибка в количественных данных, — отмечал он, — приводит к очень большой ошибке в величине соответствующей температуры кипения» [35, с. 19].

Несмотря на невозможность практического применения этих положений Коппа в его время, т. е. в первой половине XIX в., нельзя не восхищаться предложенной им глобальной программой поиска взаимной связи между различными формами проявления материи. При этом корреляция состав — свойства оказывается лишь промежуточной ступенью в этом исследовании. Совокупность физических свойств в конечном счете становится определителем состава соединения.

На основании той же эмпирической формулы Копп делает заключение о зависимости ряда физических свойств от внешних условий. Так, по его мнению, при охлаждении органических соединений от точки кипения до определенной температуры уменьшение удельного объема будет пропорционально температурному интервалу. «Удельные объемы жидкостей сопоставимы лишь при соответственных температурах, — подчеркивает он, — объемы, которые занимают С, Н, О в жидких химических соединениях, должны быть также определены при соответственных температурах» [35, с. 77]. Но что такое «соответственные температуры?» Копп предлагает считать таковыми «температуры, при которых теплота оказывает одинаковое действие на жидкости, т. е. когда упругости паров жидкостей равны» [35, с. 77].

Большая часть рассматриваемой работы посвящена изучению различных физических характеристик жидких органических веществ при соответственных температурах. Очень важным Копп считает следующий вывод: «...Все жидкие вещества равного эмпирически установленного атомного состава обладают равным удельным весом при температурах, равноудаленных от их точек кипения» [35, с. 124]. Эти положения предвосхищают учение о соответственных состояниях, разработанное И. Д. Ван-дер-Ваальсом спустя почти полвека (в 80—90-е годы XIX в.)³³.

Как мы видим, основное достоинство этой работы Коппа заключалось в предпринятой им попытке установить характер взаимосвязи различных физических свойств веществ.

В результате исследований 40-х — начала 50-х годов [25, 27, 28, 31, 32, 35, 37, 44, 51, 57] Копп сформулировал общие правила зависимости физических свойств органических соединений от их состава.

1. В гомологических соединениях равной разности в составе веществ соответствует одинаковое различие в их удельных объемах [25]. Менделеев назвал это правило «прекрасным и почти справедливым», однако резко возражал против его распространения Коппом в 1844 г. «на все соединения без исключения»³⁴.

2. Примерно равными удельными объемами обладают эквивалентные количества водорода и кислорода.

3. Удельный объем соединения равен сумме удельных объемов его составных частей-элементов (это обобщение

Н. А. Меншуткин в конце 1880-х годов охарактеризовал как «весьма важный, общий вывод»³⁵).

В различных гомологах одни и те же элементы сохраняют одинаковый удельный объем.

4. Изомерные соединения имеют одинаковые удельные объемы. При образовании «полимерного соединения» (т. е. «уплотнения»: ди-, тримеризации исходных веществ) удельные объемы растут в том же отношении, как и молекулярные веса [57, с. 187—188].

5. Сравнение удельных объемов жидких органических соединений можно проводить только при «соответственных» температурах (одинаковом давлении пара исследуемых жидкостей) [35, с. 124].

В конце 40-х — начале 50-х годов Копп совершенствует методику эксперимента, чтобы определить удельные объемы большого количества органических соединений с максимально возможной точностью. Результаты этих исследований он публикует в работах 1855—1863 гг. [54—58, 63—65, 69]. По мнению известного английского физико-химика и историка химии Т. Торпа, исследования Коппа по удельным объемам были, «без сомнения, наиболее значительными и наиболее характерными его научными работами. Они выявили в замечательной степени все признаки настоящего исследователя: изобретательность, мастерство экспериментатора, строгие требования к точности эксперимента, беспредельное терпение, интуицию и способность к обобщениям»³⁶.

Завершение исследовательской программы

В результате проведенных в конце 40-х — 50-х годов исследований Копп подтвердил свои более ранние наблюдения. Так, он показал, что сравнение физических свойств жидких органических соединений можно проводить лишь при температурах равного давления их паров. Для практического использования эта величина достаточно легко определяется как точка кипения вещества или как температура, отдаленная от нее на соответствующий для каждого вещества температурный интервал.

«Что касается до удельных объемов жидких тел,— писал Копп в «Учебнике физической и теоретической химии»

в 1857 г., — то они, кажется, могут быть сравниваемы только при тех температурах, при которых упругость паров жидкостей одинакова, например при точках кипения. Сравнение удельных объемов при точках кипения дает возможность обнаружить такие отношения, которые нельзя обнаружить, сопоставляя эти характеристики при одинаковой температуре».

Сопоставляя полученные таким образом экспериментальные данные, Копп подтвердил сделанные им ранее выводы о характере корреляции между составом соединения и его физическими свойствами, наиболее важными из которых были следующие:

- 1) изменение состава соединений можно количественно выразить изменением их удельных объемов;
- 2) изомерные соединения имеют одинаковые удельные объемы.

Кроме того, он подтвердил наблюдение, что удельный объем соединения почти не изменяется при замещении водорода кислородом или углеродом (один атом углерода или кислорода замещает два атома водорода).

В этой серии работ были получены также и принципиально новые результаты: оказалось, что удельные объемы могут служить характеристикой не только элементного, но и «рационального» (группового) состава соединений. Так, Копп показал, что удельный объем кислорода в карбониле и гидроксиле имеет различные значения. Аналогичным образом ведет себя и сера в разных функциональных группах. Копп определял величины удельных объемов элементов на основании проведенных им ранее наблюдений. Например, он экспериментально установил, что инкремент удельного объема гомологической разности (CH_2) равен 22, причем удельный объем углерода равен 11, т. е. удельному объему двух атомов водорода. Следовательно, удельный объем одного атома водорода равен 5,5. Аналогичным образом Копп нашел значение удельного объема кислорода гидроксила, вычтя из величины удельного объема воды, равного 18,8, аналогичное значение для водорода (11). Значение удельного объема кислорода в этом соединении оказалось равным 7,8, в то время как в карбониле оно равнялось 12,2. Это немного больше, чем значение удельного объема двух атомов водорода. А для азота в аминах, группах CN и NO_2 имеются три различных значения удельных объемов.

Все это подтверждало сделанный ранее Коппом вывод, что правило аддитивности является весьма приближенным и не отражает многообразия корреляций между природой органических соединений и их удельными объемами. Поэтому удельные объемы ряда функциональных групп CO, OH, CN, NO₂ не равны сумме удельных объемов их элементов.

Неодинаковые значения удельных объемов одних и тех же элементов в различных соединениях отчетливо показывают сильное влияние природы сложного вещества на физические свойства его составных частей. Буфф (один из соавторов «Учебника физической и теоретической химии») в 1865 г. подтвердил замеченное Коппом в 40-х годах сильное влияние природы соединений на значения удельных объемов углерода: их величина в насыщенных соединениях выше, чем в ненасыщенных³⁷. Отсюда он сделал вывод, что для определения удельного объема элемента необходимо рассматривать природу соединения, в которое он входит. Это положение позже было глубоко проанализировано Н. А. Меншуткиным.

«Дальнейшие исследования показали,— писал Меншуткин в 1888 г.,— что закон изменения указанных свойств в гомологических рядах далеко не так прост: разности с увеличением веса гомологов уменьшаются и поэтому правильность выражается некоторой кривой, которая в первой части близка к прямой, что, вероятно, и было причиной неточного обобщения Коппа*. Такое изменение физических свойств гомологов находится в зависимости с тем обстоятельством, что при постоянной гомологической разнице в составе CН₂ эта последняя по мере увеличения частичного [молекулярного] веса составляет все меньший и меньший процент приращения частичного веса, а поэто-

* Этот вывод сделан Меншуткиным на основании исследования ряда физических свойств (температур кипения, удельных весов и объемов, коэффициентов рефракции, теплот горения и образования) органических соединений, таких, как нормальные предельные углеводороды, спирты, альдегиды и т. д. Правда, Меншуткин обратил внимание лишь на использование Коппом правила аддитивности, а не на общие представления Коппа о сильном и неоднозначном влиянии природы вещества на его физические свойства. Вывод же им эмпирических закономерностей—это вынужденная мера, потому что он не имел более правильного, чем аддитивная схема, метода определения физических свойств органических соединений.

му и должна все менее влиять на изменение физических свойств, уменьшать гомологическую разность изменения рассматриваемого свойства, что и наблюдается на деле»³⁸.

Менделеев в магистерской диссертации поставил под сомнение тезис Коппа о необходимости определять сопоставимые величины удельных объемов различных жидкостей при температурах их кипения. «До сих пор,— писал он,— строгие опыты не дают преимуществ удельным объемам при точке кипения над удельными объемами при обыкновенной температуре. А без фактической основы, руководствуясь каким-либо соображением, мы не можем и не должны вводить что-либо в науку. Недостаток опытов над удельным весом при точке кипения и постоянные наблюдения над удельным весом при обыкновенной температуре больше утверждают нашу решимость брать для сравнения удельные объемы при обыкновенной температуре»³⁹.

Но другие химики, как писал в 1888 г. Меншуткин, несколько десятков лет определяли удельные объемы органических соединений при температуре кипения. «Ныне Горстман * на многих примерах демонстрирует, что те же правильности выводятся из рассмотрения удельных объемов жидких соединений при обыкновенной температуре. Горстман не подозревает, что эти замечания уже тридцать лет назад, при появлении еще первых исследований Коппа, были сделаны Менделеевым **»⁴¹. Правда, в дальнейшем в некоторых работах показана правомерность предложения Коппа о необходимости определять удельные объемы соединений при температурах их кипения ***.

Копп и его последователи показали лишь возможность неэкспериментального определения физических свойств соединений на основе знания их состава и физических свойств составных частей. Но поскольку природа соединений и их физические свойства были изучены довольно слабо, то общих выводов о характере этой зависимости авторы так и не смогли сделать.

Анализируя ситуацию, сложившуюся к середине 50-х годов XIX в. в исследовании удельных объемов жидких «тел», Менделеев находит ее «малоудовлетворитель-

* Здесь Меншуткин дает ссылку на статью Горстмана 1882 г.⁴⁰

** Следует ссылка на магистерскую диссертацию Менделеева.

*** История этого вопроса рассмотрена в книгах К. А. Путилова и Г. В. Быкова⁴².

ной». «А как легко было идти вперед после такого начала, какое сделал Копп», — с сожалением отмечает он. «Хотя мы не признаем математическую точность правила Коппа (отчего и отрицаем применимость его для употребления), — продолжает Менделеев, — но видим в нем истинно важный закон: *равная разность состава гомологических и аналогических соединений определяет часто довольно близкую разность в объемах*.

Другой важный вывод Коппа есть: *часто при замещении водорода кислородом объем изменяется очень мало*.

За эти два закона история всегда отдаст должное уважение неутомимой деятельности Коппа»⁴³.

Желание расширить сферу применения расчетного метода определения характеристик физических свойств веществ привело ученых к более детальному исследованию проблемы состав — свойство. Как было показано в 1880-х годах, изомерные соединения имеют не всегда одинаковый удельный объем. Так, оказалось, что удельный объем галогенпроизводных этана и этилена отличается друг от друга. Но при чем здесь понятие изомерии? Дело в том, что под изомерами Копп понимал соединения одинакового «химического типа». Последний трактовался в духе теории Жерара. И поэтому изомерами считались и такие, например, соединения, как анилин и пиколин. В 1867 г. Копп нашел, что, в то время как у бензола значение удельного объема чрезвычайно низкое, удельный объем его производных растет при введении в молекулу группы CN_2 [73]. Это можно было предвидеть, поскольку здесь речь идет об образовании алкилароматических соединений благодаря замещению атома водорода у углерода бензольного кольца различными алкилами. Как показал примерно в то же время Е. Юнгфлейш, сильное влияние на величину удельных объемов галогенароматических соединений оказывает не только сам факт присутствия галогена, но даже его расположение в молекуле (особенно это касается дизамещенных соединений)⁴⁴. А в 1880 г. Т. Торп обнаружил, что с ростом молекулярного веса соединений даже одного гомологического ряда их удельный объем растет⁴⁵.

Через три года Р. Шифф установил корреляцию между двумя различными физическими свойствами веществ. Оказалось, что высококипящие изомерные соединения имеют и больший удельный объем⁴⁶. При этом удельные объемы эфиров жирных кислот растут с уменьшением числа угле-

родных атомов в кислотном остатке, но особенно с его увеличением в спиртовом радикале.

В. Лоссен тогда же обнаружил, что альдегиды и спирты ведут себя несколько по-иному: за исключением метилового спирта, у всех насыщенных алкоголей с увеличением углеродной цепи снижается значение удельных объемов. При этом разность в величине удельных объемов альдегидов и соответствующих спиртов сохраняется постоянной, чего нельзя сказать об аналогичной величине для альдегидов и кислот. Последняя сильно растет с повышением молекулярного веса исследуемых соединений⁴⁷.

В это же время [90], как отмечал впоследствии Меншуткин, «сам Копп признал, что правильности удельных объемов жидких органических соединений наблюдаются лишь в общем направлении явления, а в частностях могут показывать значительные отклонения»⁴⁸.

В результате этих работ в 80-х годах XIX в. подтвердились предположения Коппа, что молекулярные (удельные) объемы не являются абсолютно аддитивными характеристиками физических свойств веществ. На них влияет множество различных условий (среди которых значительное место занимает как природа химического соединения, так и температура эксперимента и агрегатное состояние исследуемого вещества). Поэтому нельзя априорно говорить о единственном для каждого случая значении удельного объема элемента. Тем не менее, как показал Лоссен, из 400 измерений молекулярных объемов различных соединений лишь немногим более 10% не совпали с расчетными значениями, для 352 соединений расхождение между расчетными и экспериментальными величинами удельных объемов соединений составило около 2%.

Практические определения величин удельных объемов элементов соединений в 40–60-х годах XIX в. опирались преимущественно на представления Шрёдера.

Именно о них вспомнили химики, когда в 80-х годах приступили к систематическому установлению молекулярных объемов, которые тогда стали важной характеристикой состава органических соединений. На основе этих представлений можно было довольно просто рассчитать молекулярные объемы веществ. Они предполагались кратными единице объема, названной Шрёдером «стерой»*. Величи-

* Подробно об этом — в книгах Дж. Партингтона⁴⁹ и Г. В. Быкова⁵⁰.

на стеры примерно равна 7 (хотя отнюдь и неодинакова для соединений различных классов). Молекулярный объем органических веществ (правило применимо лишь для соединений углерода, водорода и кислорода) в соответствии с представлениями Шрёдера можно определить, умножив на эту величину сумму из двух слагаемых: атомов, входящих в состав данного вещества, и присутствующих в нем карбонильных групп.

Полученные таким образом значения показывают неплохое совпадение теоретических и экспериментальных результатов. Так, для уксусной кислоты расчетное значение молекулярного объема $(8 + 1) \times 7 = 63$, а экспериментальное—63,5. С ростом молекулярного веса в гомологических рядах величина стеры растет. Также она увеличивается при переходе от твердых органических соединений к жидким.

Используя эти материалы, Торп и В. Оствальд (1853—1932) в 80-х годах провели расчеты удельных объемов различных органических соединений. Как оказалось, для многих классов органических соединений (углеводороды, спирты, кислоты, эфиры, альдегиды) значения стеры находятся в очень узком интервале (6,9—7,2). Увеличение их значений в соединениях нормального строения происходит, как и предполагал Шрёдер, с ростом молекулярных весов веществ. Некоторые отклонения наблюдаются лишь у алифатических спиртов.

Аналогичный характер этой зависимости Оствальд наблюдал для вторичных и третичных соединений. Но абсолютные величины удельных объемов у них меньше, чем у соединений нормального строения*.

В общем Копп был более прав, чем Шрёдер, когда отказывался дать общую формулировку зависимости, пригодной для каждого соединения.

Но для конкретных расчетов в 40—50-е годы работы Шрёдера имели большое значение: в некоторых случаях он был точнее в установлении эмпирических величин удельных объемов соединений. Так, Копп, основываясь на примерно равных значениях удельных объемов спиртов и соответствующих кислот, предположил одинаковость этих величин у О и Н₂. Тот же вывод он сделал при сравнении удельных объемов производных бензила и амила

* Подробно об этом — в статье Т. Торпа ⁵¹.

для аналогичных величин C_2 и H_4 . Удельный объем водорода, как мы уже отмечали, Копп считал равным половине удельных объемов кислорода или углерода. Шрёдер же, обнаружив равенство удельных объемов CH_2 , H_2O и O_2 , пришел к выводу, что в гидроксиде удельные объемы кислорода и водорода равны, а кислород в карбониле имеет вдвое больший удельный объем.

Кроме того, Шрёдер не отказывался вообще от изучения влияния природы соединений на величины их удельных объемов. Так, он предположил, что в случае незамещенных и ароматических молекул (в то время, да и еще значительно позже, не видели значительной разницы между этими классами соединений в органической химии) наличие двойной связи обуславливает увеличение молекулярного объема соединений. Для ненасыщенных соединений удельные объемы примерно такие же, как и в случае алифатических. Для олефинов и ароматических соединений удельные объемы самые большие в случае эфиров, а наименьшие — у спиртов (для олефинов) и углеводородов (для ароматических соединений). Правда, различия между этими величинами для сравниваемых классов веществ довольно малы.

Но главным для Шрёдера все же был закон равных остатков, основанный на чисто аддитивной схеме расчета характеристик физических свойств соединений. Учет влияния природы химического соединения на физические свойства как всего соединения, так и его составных частей проводился Шрёдером лишь в исключительных случаях. В этом, как мы уже отмечали, была слабость его работ в стратегическом плане. Но тактически они были более своевременны, чем исследования Коппа, который, сознавая невозможность решить глобальную задачу — установить взаимосвязи между многочисленными физическими свойствами веществ, не всегда обращал внимание на точное исследование казавшихся ему малозначительными эмпирических зависимостей конкретных веществ. Тем не менее «первая любовь» Коппа — удельные объемы — продолжала привлекать его внимание на протяжении всей творческой жизни. За три года до смерти он вновь возвращается к их исследованию [97].

Изучение удельных объемов сыграло заметную роль в развитии химии, открыв собой период систематического исследования физических свойств соединений. При этом было

установлено значительное влияние во многих случаях природы соединения на его физические свойства. А это, несомненно, способствовало возникновению физической химии как отдельного научного направления.

Герман Копп явился одним из пионеров широкого применения аддитивной схемы расчета физических свойств соединений на основании данных об их составе и физических свойствах элементов. И хотя не со всеми положениями Коппа можно согласиться, очень важным является его комплексный подход к исследованию природы связи состава (в том числе и группового) и физических свойств соединений. В этих исследованиях значительное место занимает изучение корреляции между точками кипения органических соединений и их составом. Для развития органической химии это направление исследований Коппа имело примерно такое же значение, как его работы по удельным объемам для развития общей химии. Тем более что оба эти направления были тесно связаны между собой.

Точки кипения

Исследование закономерностей изменения удельных объемов и точек кипения органических соединений почти невозможно рассматривать изолированно одно от другого, но, как уже отмечалось, изучение удельных объемов предшествовало и во многом способствовало исследованию зависимости точек кипения органических соединений от их состава. Действительно, первые указания на обнаруженную Коппом закономерность изменения точек кипения органических соединений можно увидеть лишь в его работе 1842 г. «О предварительном определении некоторых физических свойств в нескольких рядах органических соединений» [25]. В дальнейшем же эти закономерности рассматривались Коппом в многочисленных работах — в основном 40—50-х годов [27, 35, 38—40, 44, 48, 49, 54—62, 66, 74].

Уже в первых работах этого цикла Копп показал, что изменение состава органических соединений обуславливает появление новых значений их точек кипения. «Я уверен, — писал он в статье 1844 г., — что одинаковой разнице в составе аналогичных соединений соответствует постоянное изменение точек кипения» [35, с. 136]. Например, в гомологических рядах большинства спиртов, насыщенных

карбоновых кислот и их эфиров увеличение углеродной цепи на звено CH_2 соответствует увеличению точки кипения на 19°C [35, с. 130] (в первой публикации по этому вопросу [25] — на 18°C). Но при этом у каждого класса химических соединений имеются специфические интервалы температур (инкременты). Так, температуры кипения у насыщенных кислот примерно на 40°C выше, чем у соответствующих спиртов [35, с. 13], а у эфиров они на 82°C меньше, чем у кислот [35, с. 142; 62, 340].

Коппу удалось определить и более детальное влияние состава соединений на их точку кипения. Им, например, было показано, что в гомологических рядах алифатических спиртов, кислот и эфиров увеличение числа углеродных атомов на один приводит к повышению точки кипения на $14,5^\circ\text{C}$, в то время как прибавление одного водородного атома уменьшает эту величину примерно на 5°C [62, с. 344]. Правда, этот вывод сделан несколько искусственным образом. Действительно, как можно определить перепад температуры кипения соединения при изменении его состава лишь на один атом углерода или водорода?

Копп приводит следующие рассуждения. Если взять некий спирт с формулой $\text{C}^{18}\text{H}^{10}\text{O}^2$ (современная формула его с учетом вдвое больших атомных масс углерода и кислорода: $\text{C}_9\text{H}_9\text{OH}$), то, используя эмпирическое правило, можно попытаться определить его температуру кипения на основании уже известных данных об аналогичных характеристиках, скажем, для бутилового спирта (в записи Коппа $\text{C}^8\text{H}^{10}\text{O}^2$). Тогда искомая температура кипения может быть найдена при помощи довольно простого расчета: 116 (температура кипения бутилового спирта) $+ (14,5 \times 10) = 261^\circ\text{C}$, поскольку, с точки зрения Коппа, оба эти соединения отличаются по составу лишь на 10 атомов углерода. Для проверки полученной термохимической характеристики Копп определяет ее на основании данных о другом спирте, в котором, по его мнению, содержится на 10 атомов водорода больше, чем в исследуемом соединении: $\text{C}^{18}\text{H}^{20}\text{O}^2$, а температура кипения 211°C . Искомая величина вычисляется следующим образом:

$$211 + (5 \times 10) = 261^\circ\text{C}.$$

Так расчеты «с обеих сторон» полностью подтвердили, по мнению Коппа, правильность сделанных им эмпирических обобщений.

Искусственность подобных расчетов становится очевидной, если записать все эти соединения в соответствии с принятыми в настоящее время значениями атомных масс и состава анализируемых веществ (табл. 2).

Таблица 2

Формула Коппа	Современ- ная формула	Температура кипения, вычисленная Коппом, °C	Современные вычисленные температуры кипения, °C
$C^8H^{10}O^2$	C_4H_9OH	116	116
$C^{18}H^{10}O^2$	C_9H_9OH	$116 + (10 \times 14,5) =$ $= 261$	$116 + (5 \times 14,5) =$ $= 188,5$
$C^{18}H^{10}O^2$	C_9H_9OH	$211 + (10 \times 5) = 261$	$211 + (10 \times 5) = 261$
$C^{18}H^{20}O^2$	$C_9H_{19}OH$	211	211

Разница между вычисленными и экспериментальными значениями точек кипения составляла у Коппа в некоторых случаях довольно значительную величину, например, для амилового эфира пропионовой кислоты она достигала 20%.

Но эти величины, как и рассмотренные ранее удельные объемы, сильно зависели от природы исследуемых соединений. И поэтому очень трудно было определить какую-либо среднюю величину, которая коррелировалась бы с изменением состава соединений во всех реакционных сериях. Так, определенная Коппом величина повышения точки кипения соединений примерно на 18°C при росте их углеводородного скелета на группу CN_2 оказалась весьма приближенной и, как показали его дальнейшие исследования [66], значительно изменялась в различных классах соединений. Для ароматических углеводородов этот инкремент составляет 24° C, для алифатических кислот и альдегидов — 22° C, для алкилхлоридов — 31° C. Пожалуй, это один из самых больших инкрементов, обнаруженных Коппом. Для насыщенных альдегидов нормального строения самый маленький из этой серии исследований Коппа инкремент оказался равным 12,5° C. Поэтому полученное вначале Коппом значение средней точки кипения для гомологической группы оказалось меньше сред-

него арифметического из этих двух величин. Более того, в результате этих исследований Копп пришел к выводу, что точки кипения жидких органических соединений зависят не только от элементного, но и от «рационального» (группового) состава, а также от молекулярного веса. Эти выводы были вскоре подтверждены другими исследователями. Так, К. Шорлеммер в начале 70-х годов показал, что для первых членов гомологического ряда насыщенных углеводородов величина инкремента уменьшается на 4°C^{52} . В. Линнеман примерно в то же время на основании более точных экспериментов обнаружил, что для алифатических соединений вообще нет прямой пропорциональности между ростом углеродной цепи и повышением точек кипения. Например, для соединений с малым молекулярным весом в этом случае наблюдается даже уменьшение инкремента, а в отдельных классах соединений, например в спиртах, значения инкрементов остаются постоянными⁵³.

В середине 70-х годов были также выявлены зависимости температур кипений насыщенных углеводородов от их химического строения⁵⁴. Все эти работы были бы невозможны без исследований Коппа. Только работы Коппа дали толчок широкому использованию температур кипения органических соединений для установления их «рационального» состава, а позже химического строения.

Исследования Коппом температур кипения веществ представляли лишь обширный и точный экспериментальный материал для работы химиков-органиков, что можно объяснить несколькими причинами. Во-первых, Коппу представилась редкая возможность стать пионером в точном исследовании столь «рельефных» физических характеристик органических веществ, как температуры кипения. Трудно было удержаться от стремления составить таблицы изменения этих характеристик для многочисленных органических соединений. В пору стремительного развития исследований по органической химии Копп предложил оригинальный метод установления состава органических соединений. Во-вторых, изучение зависимости температур кипения соединений от их состава Копп начал для подтверждения общности физических свойств веществ после исследований удельных объемов. По ряду причин, о которых говорилось выше, изучение Коппом температур кипения соединений носило в значительной мере эмпирический характер.

По-иному проходило исследование теплоемкостей жидких и твердых веществ, к которому Копп приступил после изучения температур кипения также для подтверждения общности различных физических свойств веществ. Существенное значение при этом имел уровень развития различных направлений физико-химических исследований до начала работ Коппа. Если в изучении удельных объемов и температур кипения органических соединений он был одним из пионеров, то здесь дело обстояло иначе: после введения в 60-х годах XVIII в Дж. Блэком понятия о теплоемкости веществ были проведены первые практические определения удельных теплоемкостей⁵⁵.

Удельные теплоемкости

Наиболее значительные исследования в XVIII в. принадлежат А. Лавуазье и П. Лапласу, которые определили удельные теплоемкости таких важных для химической практики веществ, как вода, ртуть, олово, оксид ртути, оксид свинца, сера, этиловый спирт⁵⁶.

С начала XIX в. стали предприниматься попытки связать удельные теплоемкости с иными физическими свойствами веществ. Так, в 1808 г. Дж. Дальтон в книге «Новая система химической философии»⁵⁷ пытался экспериментально обосновать положение об обратной пропорциональности удельных теплоемкостей газов и их молекулярных масс. Более точные наблюдения над газовыми теплоемкостями были сделаны через пять лет французскими учеными Ж. Бераром и Ф. Делярошем, которые показали, что удельная теплоемкость соединения не может быть получена простым суммированием теплоемкостей его частей⁵⁸. Опираясь на эти наблюдения, Авогадро в 1816 г. высказал предположение, что теплоемкость газа должна зависеть не только от его состава, но и от «сродства» к теплороду. На основании этого он предлагает формулу для определения удельной теплоемкости газообразного соединения

$$C^m = p'c'^m + p''c''^m + p'''c'''^m \dots$$

где c — удельная теплоемкость соединения, c' , c'' , c''' — удельные теплоемкости его частей, p' , p'' , p''' — целое или дробное число молекул или их объемов, принимающих

участие в образовании одной молекулы или одного объема соединения»⁵⁹. Как видим, он предлагает, по существу, аддитивную схему определения удельных теплоемкостей веществ, учитывающую участие каждой из частей в образовании соединений*. Найденное значение постоянной $m \simeq 2$ Авогадро использует для определения удельных теплоемкостей некоторых соединений известного состава (CO_2 , CO , H_2O , C_2H_4).

Предложенный Авогадро способ расчета удельных теплоемкостей соединений оказался очень перспективным для химии. Он позволил поставить на научную основу и решение противоположной задачи: определения природы соединений на основе изучения их физических свойств.

12 апреля 1819 г. П. Дюлонг и А. Пти представили в Парижскую академию наук доклад «Исследования относительно некоторых важных пунктов теории теплоты»⁶¹, где они экспериментально доказали постоянство величины атомных теплоемкостей для 12 металлов и серы, равной примерно 6,256**. «Мы полагаем, что, — заключают авторы, — вправе вывести следующий закон: атомы всех простых тел имеют совершенно одну и ту же теплоемкость»⁶². В опубликованной в 1865 г. статье Коппа приводится подробный анализ истории изучения теплоемкостей твердых веществ. Только после работы Дюлонга и Пти, по мнению Коппа, «начались подобные исследования в области связи между значениями теплоемкостей соединений и их составом» [71, с. 71]. В 1820-х годах сфера применимости этого закона была расширена на вещества в газообразном состоянии⁶³. Дюлонг в конце 20-х годов показал, что при повышении температуры значения удельных теплоемкостей растут.

Так у химиков появилась возможность определить относительный атомный вес веществ при постоянной температуре эксперимента. Для этого нужно было разделить атомную теплоемкость веществ (равную по экспериментальным данным примерно 6,25) на величину их удельной теплоемкости. Определение же относительных молекулярных масс оказалось более сложной задачей.

Берцелиус сразу понял важность закона удельных теплоемкостей для определения атомного веса. «Если он

* Подробнее об этом — в научной биографии Авогадро⁶⁰.

** Позже эта величина была уточнена [70, с. 1254].

подтвердится, — писал ученый в 1821 г., — то это будет одною из прекраснейших частей теоретической химии»⁶⁴. Так оно и получилось. Вскоре он составил исправленную таблицу атомных весов элементов на основании законов удельных теплоемкостей и изоморфизма. Таблица содержала величины, определенные, по словам итальянского историка химии М. Джуа, «с такой степенью точности, которая, принимая во внимание время и средства, имевшиеся в его распоряжении, достойна восхищения»⁶⁵.

В 1831 г. немецкий физик Ф. Нейман (1798—1895) провел точные экспериментальные исследования теплоемкостей свыше полутора десятков твердых соединений различной природы: сульфатов, сульфидов, оксидов. При этом он заметил, что «в аналогичных соединениях произведения атомных весов на теплоемкости примерно равны» [71, с. 74]. По существу, это и есть подтверждение правила Дюлонга и Пти для различных соединений, получившее впоследствии название закона Неймана: «В телах аналогичного химического состава удельные теплоемкости находятся в обратном отношении со стехиометрическими количествами (или с весами) сложных атомов (молекул. — Авт.) или, что то же, стехиометрические количества... аналогичного химического состава имеют одинаковую теплоемкость»⁶⁶.

Многочисленные исследователи XIX в. пытались экспериментально подтвердить справедливость этого положения. Так, Авогадро в 1833 г. в статье «Об удельных теплоемкостях твердых и жидких тел»⁶⁷, по мнению Коппа, «смог установить с достаточной вероятностью, что для твердых и жидких тел преобладает та же самая регулярность, которая была выведена из экспериментов Дюлонга». Но только Дж. Джоуль в 1844 г. смог правильно интерпретировать специфику определения теплоемкостей сложных веществ⁶⁸. Для этого он обратился к аддитивной схеме определения физических свойств соединений, рассматривая молекулярную теплоемкость соединения как сумму атомных теплоемкостей его элементов.

Появление работы Джоуля нельзя считать случайным; в это время среди химиков, в основном под влиянием исследований Коппа и Шрёдера, стала популярной аддитивная схема расчета физических свойств соединений*. В 1848 г. было опубликовано исследование Коппа о тепло-

* С историей изучения теплоемкостей веществ можно ознакомиться в книге О. Д. Хвольсона⁶⁹.

емкости жидкостей, где он так объяснял свою заинтересованность темой: «При моих работах о зависимости физических свойств от химического состава мне было интересно хотя бы приблизительно узнать теплоемкости некоторых жидкостей» [46, с. 98]. Таким образом, исследование теплоемкостей жидкостей Коппом было вызвано, с одной стороны, его работами в середине 40-х годов по изучению физических свойств жидких органических соединений, с другой — доказательством Авогадро в 1833 г. применимости закона Дюлонга и Пти не только к твердым веществам, но и к жидкостям.

Определив удельные теплоемкости 14 жидких органических соединений, Копп сравнил результаты своих экспериментов с аналогичными величинами, найденными другими авторами (табл. 3). Приведенные в таблице данные показывают не очень значительные расхождения, особенно если учесть, что «удельные теплоты большинства жидкостей действительно сильно растут с повышением температуры экспериментов» [46, с. 102].

Проверив возможности избранного метода и получив первые экспериментальные результаты, Копп не делает на их основании никаких выводов и «оставляет» это направление исследований на целых полтора десятка лет. Так по крайней мере может показаться, если сопоставлять лишь время публикации соответствующих работ: ведь после выхода в свет статьи по определению теплоемкостей жидкостей до появления его новой серии работ в этом направлении прошло около 15 лет.

Все эти годы Копп продолжал изучать теплоемкости веществ, что было, естественно, связано с его интересом к исследованию физических свойств веществ. Но публикация результатов задерживалась, поскольку полученные Коппом экспериментальные результаты стали резко противоречить представлениям о характере атомной теплоемкости, сложившимся в то время под влиянием наблюдений Дюлонга и Пти, Неймана и других исследователей. С одной стороны, Копп в 1864 г. подтвердил выводы Неймана о необходимости рассчитывать молекулярные теплоемкости веществ в твердом состоянии по аддитивной схеме из теплоемкостей входящих в них элементов [70]. С другой же — оказалось, что закон Дюлонга и Пти отнюдь не универсален: атомные теплоемкости различных веществ, входящих в кристаллические соединения, во многих случа-

Таблица 3
[46, с. 100—108]

Вещество	Данные Коппа		Данные других авторов *	
	средняя теплоем- кость, ккал/г, °C	темпера- турный интервал, °C	средняя тепло- емкость ккал/г, °C	темпера- турный интервал, °C
Ртуть **	0,0332	44—24	0,0318 (де ла Рив, Марсе) 0,0285 0,0333 (Реньо)	15—5 20—5 98—12
Метанол	0,645	43—23	0,593 (Реньо) 0,615 (Эндрюс)	20—5 66—12
Этанол	0,615	43—23	0,632 (де ла Рив, Марсе) 0,605 (Реньо) 0,617 (Эндрюс)	15—5 20—5 78—12
Амиловый спирт	0,564	44—26		
Муравьиная кислота	0,536	45—24		
Уксусная кислота	0,509	45—24	0,460 (Реньо)	20—5
Масляная кислота	0,503	45—21		
Муравьиноэтиловый эфир	0,513	39—20	0,487 (Эндрюс)	54—12
Уксуснометиловый эфир	0,507	41—21		
Уксусноэтиловый эфир	0,49	45—21	0,474 (Эндрюс)	75—12
Маслянометиловый эфир	0,487	45—21		
Валерианометило- вый эфир	0,491	45—21		
Ацетон	0,530	41—20		
Бензол	0,450	46—19	0,393 (Реньо) 0,349	20—5 15—5
Серная кислота	0,343	46—21	(Де ла Рив, Марсе)	
Горчичное масло	0,432	48—23		

* Полученные результаты сопоставлялись Коппом с экспериментальными данными Де ла Рива и Марсе, Реньо и Эндрюса [46, с. 99—102].

** Определение теплоемкости ртути было проведено исключительно для проверки возможностей избранного Коппом метода.

ях отличаются от установленного французскими исследователями значения 6,25 (которое позже Копп изменил на 6,4 [70а, с. 329]). Так, например, для галогенидов металлов атомные теплоемкости оказались меньше 6,0; еще более низкое значение этой величины было найдено Коппом для окислов металлов (причем она уменьшалась с ростом количества атомов кислорода). Сильное отклонение было установлено для теплоемкостей воды и органических соединений в твердом состоянии. Так, для льда она равна 3, а для сахара еще меньше.

На основании этих результатов Копп делает вывод о необходимости более детально изучить состав и теплоемкости твердых веществ [70, с. 1254].

Определив теплоемкости многих твердых соединений в кристаллической форме, Копп приходит к заключению, что «каждый элемент имеет в твердом состоянии» специфическую атомную теплоемкость. Правда, она меняется в зависимости от природы и состояния веществ (их плотности, характера соединения: кристаллического или аморфного). Однако эти изменения намного меньше тех, которые должны были бы наблюдаться при проявлении в этих веществах законов атомных теплоемкостей. И наконец, теплоемкость элемента в свободном состоянии и в соединении одинакова» [70, с. 1255].

Но при более детальном исследовании оказалось, что этот вывод нуждается в пересмотре: ведь многие явно простые вещества (элементы), например такие, как водород и металлы или кремний и олово, обладают совершенно различной атомной теплоемкостью [70, с. 50]. Только ли в их собственной природе здесь дело? Нет, утверждает Копп, не только в ней. Оказалось, что на атомную теплоемкость элементов сильно влияет природа соединения, в которое они входят (что относится и к экспериментальным и к расчетным данным). Это хорошо согласуется со сделанным Коппом выводом: с увеличением количества атомов в соединениях растут их удельные теплоемкости, причем их зависимости от состава и химического строения молекул носят довольно сложный характер. Таким образом, природа соединения определяет физические свойства не только соединения как химического индивида, но и его составных частей [71].

Спустя еще два десятилетия появляются последние работы Коппа из этой серии [94, 96], в которых автор при-

водит новые примеры, подтверждающие его представления о природе теплоемкостей конденсированных систем (преимущественно твердых кристаллических веществ). Кроме того, он уже довольно ясно понимает ограниченный характер сделанных им наблюдений (они касаются лишь определенного температурного интервала): при значительном повышении температуры эксперимента теплоемкости веществ начинают описываться законом Дюлонга и Пти.

Меншуткин в своей работе по истории химии так оценивает это направление: «Обширные исследования Кюппа теплоемкостей твердых элементов * указали, что большинство их следуют закону Дюлонга и Пти. Пришлось, однако, изменить изложение последнего: атомные теплоты (т. е. теплоемкости атомов) представляют не тождественную, но близкую величину, колеблющуюся в пределах 5,2—6,8 для температуры не выше 100°. Исключения представляют лишь следующие элементы, для которых теплоемкости указываем по определениям Кюппа для температуры от 0 до 100°.

	[Удельная] теплоемкость	Атомный вес	Атомная теплота [теп- лоемкость]
Бор кристаллический	0,230	10,9	2,51
Углерод, алмаз	0,1469	12,0	1,76
Кремний кристаллический	0,165	28,0	4,62

Особенно для бора и углерода отклонения от закона Дюлонга и Пти весьма значительны»⁷⁰.

В начале 1880-х годов было установлено, что такие же отклонения обнаруживает и бериллий. При температуре 73° С его удельная теплоемкость составила 0,448, а атомная теплоемкость — 4,08⁷¹. Как показал в 1888 г. Г. Вебер, закон Дюлонга и Пти применим для элементов в твердом состоянии лишь в определенном температурном интервале, где удельная теплоемкость слабо изменяется с температурой⁷². Но этот интервал для большинства элементов совпадает с принятыми обычно условиями проведения экспериментов (его границы не превышают 100° С). Только для отдельных элементов (которые и явились исключением из закона Дюлонга и Пти) этот температурный интервал лежит намного выше, а при обычных температурах эксперимента их теплоемкости сильно изменяются с тем-

* Следует ссылка на работу Кюппа [70].

Таблица 4⁷³

[Элемент]	Температура, °C	[Удельная] теплоемкость	Атомная [теп- лоемкость]
Бор	233	0,391	4,26
Углерод, алмаз	606	0,440	5,29
	985	0,4589	5,51
Кремний, кристаллический	129	0,1964	5,50
	232	0,2029	5,68
Бериллий	257	0,5819	5,29

пературой. Меншуткин приводит таблицу температур (табл. 4), при которых атомные теплоемкости этих элементов начинают подчиняться закону Дюлонга и Пти.

Установить границы применимости закона Дюлонга и Пти было важно не только для исследования термических свойств веществ, но и для проверки точности определения атомных весов элементов. А это в свою очередь подтверждало справедливость периодического закона элементов, открытого Менделеевым. Поэтому понятен общий вывод, который делает Меншуткин после рассмотрения работ Коппа по изучению «теплоемкостей твердых элементов»: «Итак, закон Дюлонга и Пти прилагается ко всем элементам, стало быть, и обратно атомные веса элементов являются верно определенными»⁷⁴.

На этом рассмотрение основных направлений работ Коппа по изучению корреляций между физическими свойствами и составом веществ можно считать законченным. В следующем разделе мы остановимся на специфическом случае такой корреляции, в котором вместо определенного (дальтонидного) вещества выступает бертоллид — соединение переменного состава.

Двойные системы *

В 1841 г. Копп опубликовал большую работу [8], которая занимает совершенно особое место среди его многочисленных исследований проблемы состав — свойство. В отличие от всех рассмотренных выше трудов здесь

* Раздел написан С. А. Погодиным.

Копп избрал объектом изучения сочетания двух различных химически индивидуальных веществ, взятых в отношениях, изменяющихся в интервале концентраций от вещества *A* до вещества *B*.

Зависимость физических свойств этих сочетаний от их состава Копп изображает графически, откладывая по оси абсцисс концентрацию (выраженную в весовых процентах * компонента *B*), а по оси ординат — численные значения свойств. Правда, приложенные к работе Коппа диаграммы состав — свойство имеют непривычный для нас вид: числовые отметки на координатных осях отсутствуют, в большинстве диаграмм на осях абсцисс вместо концентраций поставлены порядковые номера численных данных (экспериментальных и расчетных), приведенных в таблицах; от точек, обозначенных этими номерами, поставлены перпендикуляры к оси абсцисс и через их вершины проведены кривые. Тем не менее, если отвлечься от этих особенностей, можно определенно утверждать, что Копп строил диаграммы состав — свойство двойных систем совершенно так же, как это делали после него многие другие исследователи (в частности, Менделеев⁷⁵) и как это делаем в настоящее время мы.

Главной целью своего исследования Копп считает установление того, насколько вычисленные средние свойства двойной системы отклоняются от гипотетических. Гипотетическими средними свойствами он называет величины, вычисленные по правилу смешения исходя из известных величин свойств обоих компонентов. Эту зависимость он всегда изображает прямой линией, соединяющей ординаты, отвечающие численным значениям свойств компонентов. Вычисленные средние свойства Копп находит (как и в предыдущих работах), составив интерполяционную формулу по способу наименьших квадратов исходя из нескольких (не менее трех) экспериментальных данных для свойств смесей различного состава.

На диаграммах состав — свойство двойных систем Копп изображает гипотетические прямые сплошной чертой; кривые, построенные по опытным данным или по интерполя-

* Копп приводит состав и в объемных процентах, но отдает предпочтение весовым, справедливо замечая, что объемные проценты зависят от температуры, а также имеют неодинаковые значения до и после смешения. Все же в таблицах он дает и весовые и объемные проценты.

ционными формулам, он проводит пунктиром. На этих кривых Копп отмечает особые точки: максимумы, минимумы, точки перегиба, а также точки, наиболее удаленные от вычисленных по правилу смешения (аддитивности).

Почти все экспериментальные данные для свойств двойных систем, рассмотренных Коппом, заимствованы им из работ других исследователей. Им проделан огромный труд по сведению этих результатов в однотипные таблицы* и особенно по составлению интерполяционных формул, расчетам по ним и другим вычислениям.

В первой половине XIX в. изучение зависимости физических свойств двойных систем от состава только начиналось. Поэтому Копп располагал довольно ограниченным числом такого рода экспериментальных данных. Особенно малочисленны были сведения о температурах плавления металлических сплавов, а также неметаллических систем. Копп рассматривает только температуры плавления (точнее, начала кристаллизации) таких легкоплавких систем, как сера — фосфор, олеиновая кислота — маргариновая кислота**, олово — свинец, олово — висмут. Далее он разбирает диаграммы температур кипения двойных систем из воды и кислот — азотной, серной и соляной, а также щелочей — едкого кали и аммиака. Большое место занимают зависимости плотности от состава сплавов (системы свинец—олово, ртуть—олово, ртуть—свинец, ртуть—кадмий) и водных растворов (кислот: азотной, серной, соляной и уксусной, едкого кали, аммиака, хлористого натрия). Приведены данные для капиллярного подъема водных растворов серной, соляной и азотной кислот. Очень подробно изучены свойства водно-спиртовых смесей (плотность, тепловое расширение, капиллярный подъем, сцепление, растворяющая способность***), температуры кипения).

* Для каждой из рассмотренных подробно систем Копп приводит таблицу числовых данных, содержащую следующие графы: состав в процентах (весовых и объемных); величины свойств: E (вычисленные по интерполяционной формуле), E_1 (найденные опытом) и e (вычисленные по правилу смешения); разность величин свойств $d = E_1 - e$ и отклонение E от e , выражаемое разностью $D = E_1 - e$. Во многих случаях дается коэффициент изменения свойства $1 \pm Z = E_1/e$, а также приводятся химические формулы, отвечающие составам смесей.

** Маргариновая кислота — нечистая стеариновая кислота.

*** Растворяющей способностью спиртовой смеси Копп называл весовое количество хлористого натрия, которое могут растворить 100 весовых частей этой смеси.

Чтобы дать представление о подходе Коппа к анализу диаграмм состав — свойство двойных систем, рассмотрим несколько характерных примеров.

В разделе о системе олово — свинец Копп приводит данные А. Я. Купфера* для температур плавления олова 230°C (232°)**, свинца 334°C (327°) и шести сплавов этих металлов. Он вполне справедливо отмечает, что так называемые температуры плавления сплавов в действительности являются температурами начала кристаллизации, так как затвердевание жидких сплавов происходит в некотором температурном интервале. Исходя из температур начала кристаллизации трех сплавов Копп выводит интерполяционную формулу для зависимости температур начала кристаллизации E всех сплавов системы от их состава

$$E = e \left(1 - \frac{1}{\frac{A}{B} \cdot 1,595 + \frac{B}{A} \cdot 3,674 - 1,309} \right),$$

где e — температура, вычисленная по правилу смешения, A и B — весовые проценты олова и свинца.

Кривая температур начала кристаллизации имеет минимум при 63,7% олова и $185,9^{\circ}\text{C}$ (современные данные 61,9% олова, $183,3^{\circ}\text{C}$), который по составу очень близок к Sn_3Pb . Кроме того, Копп отмечает существование на кривой температур начала кристаллизации двух точек перегиба при 82,2 и 40,2% олова, а также наибольшего отклонения температуры плавления от вычисленной по правилу смешения. Это отклонение соответствует 58,6% олова, что близко к Sn_5Pb_2 .

Читатель, знакомый хотя бы в самых общих чертах с главными типами диаграмм состояния двойных систем, несомненно, уже подметил ошибки Коппа. Ведь совершенно твердо установлено, что в системе олово — свинец (и дру-

* Адольф Яковлевич Купфер (1799—1865), русский физик, профессор Казанского университета (с 1824 г.), академик Петербургской академии наук (с 1828 г.). Автор фундаментальных работ по метрологии, земному магнетизму, метеорологии. В 1829 г. опубликовал работу, в которой впервые приложил термический анализ к изучению металлических систем⁷⁶. Именно эту работу использовал Копп.

** Здесь и далее в скобках приводятся современные значения составов и температур начала кристаллизации системы олово — свинец.

гих двойных системах, компоненты которых обладают неограниченной взаимной растворимостью в жидком состоянии, не образуют между собой химических соединений и выпадают при охлаждении либо в чистом состоянии, либо в виде твердых растворов ограниченной концентрации) ликвидус, т. е. геометрическое место температур начала кристаллизации, состоит из двух ветвей. Одна ветвь отвечает выделению кристаллов олова из жидкой фазы, другая — выделению кристаллов свинца^{*}). Обе ветви плавно идут вниз от точек плавления компонентов и пересекаются в точке, которую Ф. Гётри^{**}) в 1884 г. назвал эвтектической (от греч. εὐτηκτος — хорошо плавящийся; встречается у Аристотеля). На диаграмме состав — температура эвтектическая точка отвечает наиболее легкоплавкому сплаву, имеющему постоянный состав и затвердевающему при постоянной температуре. Такой сплав называется эвтектикой.

Именно эти оба свойства были причиной того, что очень долгое время эвтектики, а также так называемые криогидраты (от греч: κρύως — холод, мороз и ὕδωρ — вода) — эвтектики, состоящие из льда и соли, считались определенными соединениями. Только в конце XIX — начале XX в. было окончательно доказано, что затвердевшие эвтектики не химическое соединение, а смеси твердых фаз, число которых равно числу компонентов системы. Гетерогенное строение затвердевших эвтектик отчетливо видно под микроскопом уже при небольших увеличениях. Не имея возможности вдаваться в подробности^{***}), отметим, что представления Коппа об эвтектиках как об определенных соединениях некоторые ученые (например, А. М. Васильев, А. И. Горбов) придерживались даже в 20-х годах нашего века.

На диаграмме состав — температура кипения системы вода — азотная кислота, построенной по данным Дж. Дальтона (1810), наблюдается максимум при 120° С и 64,7% азотной кислоты, близко отвечающий формуле $\text{HNO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Но это не химическое соединение, а азеотропный

* Точнее говоря, твердых растворов на основе каждого из этих металлов.

** Фредерик Гётри (1833—1886), английский химик, с 1861 по 1869 г. профессор колледжа на острове Св. Маврикия, затем профессор различных высших школ Лондона.

*** Историю вопроса изложил Б. Н. Меншуткин⁷⁷.

(нераздельно кипящий) раствор, давление пара которого равно 760 мм рт. ст. при $121,9^{\circ}\text{C}$ и $68,4\%$ азотной кислоты. Положение этого максимума зависит от внешнего давления, а потому он не может быть химическим соединением. Методом термического анализа доказано существование в этой системе моногидрата $\text{HNO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$, плавящегося при -18°C , а также тригидрата $\text{HNO}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$, плавящегося при -38°C .

На диаграмме состав — плотность системы вода — уксусная кислота, построенной по данным Ф. Мора* (1839 г.), имеется максимум плотности при $74,9\%$ кислоты, по составу близкий к моногидрату $\text{CH}_3\text{COOH} \cdot \text{H}_2\text{O}$, отмечает Копп. Однако на диаграммах плавкости систем уксусный ангидрид — вода (С. Пикеринг, 1892 г.) и уксусная кислота — вода (Дамс, 1897 г.) нет никаких точек, указывающих на кристаллизацию моногидрата. По данным Н. С. Курнакова⁷⁸, на диаграммах состав — плотность и состав — внутреннее трение системы уксусный ангидрид — вода наблюдаются только сингулярные (особые) точки, отвечающие образованию уксусной кислоты, но на участках от уксусной кислоты до воды нет никаких признаков образования моногидрата. В 1939 г. Н. А. Трифонов сопоставил на одном чертеже диаграммы 15 свойств системы уксусный ангидрид — вода⁷⁹. Все диаграммы, бесспорно, свидетельствуют о том, что в системе образуется только одно определенное соединение — уксусная кислота, которой отвечает сингулярная точка при молярном соотношении компонентов 1 : 1. На участке от уксусной кислоты до воды признаки образования моногидрата отсутствуют.

Разбор работы Коппа можно было бы продолжить, но необходимости в этом нет. Заслуга Коппа, несомненно, заключается в том, что он сделал, насколько известно, первую попытку установить характер взаимодействия компонентов двойных систем по диаграммам состав — свойство. Это в свое время отметил Н. С. Курнаков⁸⁰. Он же указал и на существенную ошибку ученого: «...В химиче-

* Карл Фридрих Мор (1806—1879), немецкий химик и фармацевт. Заведую аптекой в Кобленце, занимался научной работой, с 1866 г. профессор Боннского университета. Разрабатывал методику объемного анализа, опубликовал руководство по этому методу (1855, 7-е изд., 1896), изобрел получившие его имя весы для гидростатического взвешивания и другие лабораторные приборы.

ской литературе со времен Германа Коппа (1841) * и до сих пор еще имеются утверждения о принадлежности максимумов и минимумов *непрерывных кривых* к особым, т. е. сингулярным, точкам. Аналогичные мнения некоторые исследователи высказывают также и по отношению эвтектик и переходных точек... Все такие утверждения вносят смещение понятий и не отвечают современному состоянию теоретических и экспериментальных сведений»⁸¹.

Эти строки писаны в 1921 г. Учение Курнакова о сингулярных точках химических диаграмм давно вошло в курсы физической химии для высшей школы. Согласно этому учению, основанному на введенных Курнаковым в химию принципах непрерывности и соответствия, на диаграммах состав — свойство двойных систем, геометрическую характеристику определенного химического соединения (дальтонида) дает сингулярная (особая) точка, являющаяся пересечением двух ветвей, принадлежащих к одной и той же непрерывной кривой. Точки же, образованные пересечением двух различных кривых, не относятся к сингулярным и не отвечают составу соединений (таковы, например, эвтектические и переходные точки). Однако было бы антиисторично упрекать Коппа в том, что он не смог предугадать возникновения и развития физико-химического анализа, которое произошло только в начале XX в.

Следует обратить внимание и на попытку Коппа построить диаграммы состав — свойство двойных систем исходя из свойств компонентов. Оказалось, что простейшее предположение — прямолинейная зависимость свойств от состава — здесь совершенно не приложимо. И тогда Копп воспользовался способом наименьших квадратов для составления интерполяционных формул по данным измерений для трех или более составов. Тут нельзя не вспомнить, что подобный же прием применил Д. И. Менделеев в докторской диссертации «Рассуждение о соединении спирта с водою» (1865), фундаментальном «Исследовании водных растворов по удельному весу» (1887) и других работах, причем он использовал для расчетов способ П. Л. Чебышева **, значительно более удобный и точный.

* Следует ссылка на работу (8, с. 24).

** Пафнутий Львович Чебышев (1821—1894), русский математик. Профессор Петербургского университета (с 1847 по 1882 г.), член академий наук в Петербурге (с 1856 г.) и Париже (с 1860 г.). Автор классических работ в области математического

Проблема вычисления свойств системы исходя из величин свойств ее компонентов, впервые широко поставленная Коппом, до сего времени в общем виде не решена. Однако для частных, притом простейших и идеальных случаев имеются ее достаточно удовлетворительные решения. Назовем здесь уравнение изобары растворимости, выведенное И. Ф. Шрёдером (1890) и А. Ле Шателье (1894), уравнения Э. Кордеса (1925 и 1927), устанавливающие связь между температурой кристаллизации чистых компонентов, составом и температурой кристаллизации эвтектики, уравнения, связывающие точки плавления компонентов с температурами начала и конца кристаллизации непрерывных твердых растворов двух компонентов, предложенные Э. Кордесом (1931) и Г. Зельцем (1934) ⁸².

В заключение следует отметить, что много лет спустя Копп значительно умерил свое пристрастие к правилу смешения и к стехиометрии. В написанной им в 1854 г. статье «Соединение и сродство» для 9-томного «Словаря чистой и прикладной химии», который выходил под редакцией Ю. Либиха, И. Поггендорфа и Ф. Вёлера в 1842—1864 гг., читаем: «Свойства растворов (соединений переменного состава) не являются ни в коем случае арифметическим средним свойством составных частей» ⁸³. В эти годы Копп выступает как сторонник химической теории растворов ⁸⁴ и потому может считаться одним из предшественников Д. И. Менделеева.

Другие работы по химии

Одним из вопросов, которые пытался решить в своих первых исследованиях Копп, было изучение растворимости смесей веществ. Уже в 1840 г. он попытался определить влияние одной из растворимых солей на растворимость другой, если исключено химическое взаимодействие между этими веществами [3]. В результате проведенного исследования Копп обнаружил, что если две соли имеют общую основную часть, то они в насыщенном растворе никогда не будут присутствовать в концентрации, соответствующей их максимальной растворимости. Если же анализируются

анализа, теории вероятностей, теории механизмов и др. Воспитал большую плеяду ученых. Был в дружеских отношениях с Д. И. Менделеевым.

две соли, содержащие одинаковую кислотную часть, наблюдаемая зависимость имеет более сложный характер. На соль более сильного основания не влияет его реакционный партнер, но зато соль более слабого основания испытывает сильное действие первого соединения, зависящее также от природы. Это обуславливает иногда значительное отклонение растворимости солей в смеси от расчетных величин (как в сторону увеличения, так и уменьшения в зависимости от их природы).

Копп не ограничился лишь выводами, а показал, что они могут быть использованы для определения растворимости двойных солей, которые частично разлагаются при кристаллизации. Он даже привел формулу, при помощи которой можно определить степень растворимости любой из солей в растворе в зависимости от температуры эксперимента.

Эта и последующая работа Коппа по изучению растворимости солей [15] стимулировали исследования химиков, получившие значительное развитие во второй половине XIX в. И еще долгое время (вплоть до 20—30-х годов XX в.) химики пользовались наблюдениями Коппа и не могли сделать общего вывода о характере растворения веществ и влиянии природы солей на растворимость других аналогичных компонентов в общем растворителе. Для самого же Коппа эти работы были лишь подходом к изучению удельных объемов конденсированных тел. Сразу же после изучения растворимости смесей солей в жидкостях он приступил к более детальному рассмотрению природы жидкостей.

В 1840 г. Копп публикует статью «О натяжении некоторых жидкостей» [5], в которой описывает несложный способ количественного определения сопротивляемости жидкости растяжению. Несмотря на довольно простые приборы, которые Копп использовал, а нередко и сам разрабатывал, результаты, полученные им при исследовании поверхностного натяжения жидкостей и термического расширения твердых тел [50], легли в основу многих работ по изучению этих физических свойств конденсированных систем.

Следует заметить, что Копп преимущественно занимался изучением физических свойств и состава конденсированных систем, постоянно переходя при этом от жидкостей к твердым веществам. Так, еще в 1841 г. он опубли-

ковал две короткие заметки о природе и свойствах сплавов [13, 14]. Эти исследования проводились для определения плотности расплавов, что было также связано с последующим изучением вопроса об удельных объемах конденсированных систем. Позднее, в 1855 г., Копп рассмотрел механизм образования кристаллов с инородными включениями [53]. Для наблюдения за процессом он предложил способ, состоящий в следующем: кристалл, который является включением в рассматриваемом соединении, покрывают тонким слоем окрашенного коллодия и опускают в раствор соли, из которой и будут состоять основные кристаллы синтезируемого таким образом соединения заранее заданного состава. Таким оригинальным образом можно получить достаточно достоверную информацию о механизме образования кристаллов с инородными включениями.

К сожалению, основные научные интересы Коппа не лежали непосредственно в области химической кристаллографии, и поэтому он ограничился позже публикацией лишь небольших работ в этом направлении, где он исследовал плеоморфизм сульфата магния и аналогию между составом различных кристаллических соединений [67] (не считая учебника кристаллографии, опубликованного в 1849 г. [47] и выдержавшего пять изданий, а также раздела по кристаллографии в «Учебнике физической и теоретической химии» [61]).

Для изучения удельных объемов веществ важно было установить корреляцию между объемами одних и тех же веществ при их переходе из твердого состояния в жидкое. И в том же 1855 г. Копп приступил к таким работам [52].

Тематика этих работ была для химии XIX в. совершенно новой. Копп экспериментально определил отношение объемов различных веществ в твердом и жидком состояниях для довольно значительной группы веществ, среди которых были вода, лед, фосфор, стеариновая кислота, хлорид кальция и др. Во многом ценность полученных им результатов определяется точностью проведения Коппом экспериментов на приспособленной им для этого аппаратуре. Точность экспериментов Коппа долгое время была непревзойденной, а выводы, которые он сделал, явились основополагающими для дальнейшего изучения этого вопроса.

Копп показал, что в общем случае коэффициент расширения твердых веществ очень сильно увеличивается при

приближении температуры опыта к точке их плавления (неожиданное исключение при этом составляют фосфор и лед). Поэтому для большинства веществ при достижении температуры перехода из твердого состояния в жидкое их объем вначале несколько увеличивается, а при переходе в жидкое состояние часто возрастает скачкообразно. Правда, подобный резкий скачок не всегда обусловлен лишь изменением коэффициента расширения. В ряде случаев, как, например, при нагревании фосфора, резкое изменение объема связано только с физическими условиями перехода вещества из одного состояния в другое.

Наибольший интерес для анализа условий перехода из твердого состояния в жидкое представил сплав Розе, который уже был тщательно изучен Эрманом в 1827 г. Этот сплав, состоящий из двух частей висмута, одной части свинца, одной части олова, обнаруживает удивительные изменения объема при различных повышениях температуры. Так, при нагревании от 0 до 59° С его объем увеличивался от 1 до 1,0027. Казалось бы, что дальнейшее нагревание должно было обусловить еще большее увеличение объема. Однако происходит обратное. При повышении температуры до 82° С объем сплава вновь уменьшается до 1 (достигает объема при температуре 0° С). Более того, при дальнейшем увеличении температуры до 95° С объем еще больше уменьшается и достигает 0,9947. И только в интервале температур 95 — 98° С (когда смесь плавится) объем становится максимальным — достигает 1,0101⁸⁵.

Рассмотрев содержание исследований Коппа, которые вряд ли можно непосредственно отнести к составляющим его основной вклад в развитие химии XIX в., приходишь к выводу, что без этих своего рода подготовительных работ невозможна была бы его основная научная деятельность по химии. Действительно, все они лежали в русле интересов Коппа-химика, планомерно исследовавшего корреляцию между физическими свойствами и особенностями природы различных веществ. Они составили своеобразный «второй эшелон» основных работ Коппа по химии, подготовили условия для осмысления полученных им результатов на каждом этапе работ и стимулировали его переход к изучению следующих нерешенных проблем химии.

Оценивая работы Коппа по химии, невольно поражаешься, как много он сумел провести исследований, которые сослужили службу многим поколениям химиков. Но признание идей Коппа, как мы видели, было не всегда единодушным, да и взгляды его были не бесспорными.

Дальнейшее развитие химии внесло свои коррективы в реализацию представлений Коппа. Разработка теории химического строения показала более сложный характер зависимости физических свойств соединений от их природы. В связи с этим принцип чистой аддитивности оказался недостаточным для создания расчетных схем физических характеристик соединений. Он был заменен структурно-аддитивным принципом, разработка которого началась в конце 1860-х годов⁸⁶.

Еще один факт, интересный для характеристики эволюции представлений, использованных Коппом. Речь идет о понятии удельного объема, сыгравшего такую большую роль в создании чисто аддитивной расчетной схемы. В настоящее время понятие удельного объема давно потеряло значение в исследовании химического строения веществ. Но вкладываемый в него во времена Коппа смысл сейчас перешел к введенным в конце XIX—XX в. эквивалентным понятиям: «ковалентный радиус», «ван-дер-ваальсов радиус», «ионный объем», которые так же, как и удельные объемы, выражают количественные размеры различных материальных частиц (атомов и молекул). Просто эти микроскопические характеристики более точно выражают особенности химического строения соединений⁸⁷.

Таким образом, мы видим, что и использованные Коппом основные понятия, и сделанные им выводы о характере связи между природой веществ и их физическими характеристиками подверглись пересмотру. Однако этот пересмотр лишь способствовал более полному раскрытию представлений Коппа о широчайшей связи между природой веществ и их физическими свойствами. Впоследствии к этому арсеналу методов установления состава и химического строения веществ были добавлены и химические методы. А сочетание физических и химических методов изучения веществ вызвало исследование химического процесса и как следствие этого выделение в самостоятельную область нового научного направления — физической химии.

Глава третья

История химии

Как бы ни были значительны работы Коппа для становления новых направлений в теоретической и физической химии, он создал себе имя как «великий историограф химии», по выражению Шорлеммера. Для объективной оценки того, что было сделано Коппом в этой области, необходимо сравнить его труды по истории химии с трудами его предшественников, а о его влиянии на современников и последователей судить путем сравнения с их трудами. Однако если верно, что для оценки вклада в науку того или иного ученого надо исходить из уровня современной ему науки, то также верно, что для полной оценки его вклада необходимо выяснить, кроме того, что в нем представляется ценным и с современной точки зрения. В данном случае надо ответить на вопрос, что в принципах и подходе Коппа к истории химии представляется верным и оправданным с современной точки зрения и какую ценность работы Коппа по истории химии представляют в наши дни.

Однако сначала о самой истории химии — области, к которой относятся наиболее крупные и не потерявшие своего значения работы Коппа. История химии, как и история других областей естествознания, в отличие, например, от истории философии или истории литературы, не говоря уже об общей истории, в системе наук занимает несколько двусмысленное положение. Споры о том, принадлежит ли история химии к гуманитарным, или естественным наукам, ничем не завершились, у некоторых скептиков возникает даже подозрение, что история химии вообще не наука, потому что описание фактов (к чему часто сводятся публикации по истории химии) нельзя считать наукой. Здесь нет возможности касаться всей совокупности этих вопросов и

мы ограничимся лишь выяснением, обладает ли история химии двумя основными качествами, которые Менделеев считал обязательными атрибутами каждой науки, — способностью к предвиденью и пользой¹.

В настоящее время наука играет огромную и все возрастающую роль в обществе, определяя лицо современной цивилизации. Необходимость целесообразного регулирования развития науки, связанного с некоторыми тревожными признаками в ее развитии (экспоненциальным законом для важнейших его параметров), вызвала к жизни науку о науке, или науковедение, отдельные аспекты которого возникли еще в прошлом веке.

Науковедение, главной задачей которого является познание процесса развития самой науки, предвидение направления этого развития в будущем, основываясь на характере ее развития в прошлом, не может обойтись без анализа этого прошлого, а следовательно, и без истории науки, в том числе и истории химии, которая в соответствии со своими новыми задачами должна обогатиться и новыми, количественными и статистическими методами исследования.

Возможность предвидения на основе историко-химических данных — это уже и одно из свидетельств практической значимости истории химии.

В теоретическом естествознании нередки ситуации, когда для решения какой-либо сложной и спорной проблемы необходимо обратиться к ее истории, ко времени выдвижения относящихся к ней первых понятий, моделей и гипотез, критически переработать весь этот материал и уже после этого предложить исторически обоснованный выход из сложившегося затруднительного положения. Прекрасным примером такого подхода может служить исторический анализ развития атомно-молекулярной теории, принятый итальянским химиком Канниццаро в конце 50-х годов XIX в. и завершившийся победой новых взглядов на конгрессе в Карлсруэ в 1860 г.² Отрицательным примером неподготовленности в историческом плане, а поэтому и малой плодотворности теоретической дискуссии может служить дискуссия по теории резонанса на конференции в Москве в 1951 г. и в печати в конце 40-х — начале 50-х годов — теории, имеющей несколько истоков и развивавшейся в разных, иногда принципиально расходящихся направлениях³.

Здесь выступает практическая значимость истории химии для самой химии. Мы не говорим уже о том, что многие экспериментальные открытия, представлявшие большой практический интерес, были сделаны задолго до того, как их значение было понято, но самими авторами открытий не были и не могли быть интерпретированы и оценены должным образом. Так, например, в ходе исторического исследования было открыто, фактически переоткрыто вальденовское обращение. «Многие новые экспериментальные исследования в моей лаборатории, — писал Оствальд, — были вызваны новым взглядом на старые наблюдения. Так как предшествовавшие исследователи не представляли, к чему они приходили, они часто оставляли без внимания существенные факторы, о значении которых не догадывались»⁴. Заметим, что и Вальден, и Оствальд были не только крупными учеными в химии, но одновременно и ее историками.

Однако с наибольшей пользой, отвечая таким образом критерию науки по Менделееву, история химии может проявить себя в педагогическом процессе, начиная со школы, где материал по истории химии может не только служить для дополнительного чтения, но и вплетаться в ткань непосредственного общения учителя с учениками. Еще больший простор открывается для применения истории химии в вузах.

В апреле 1968 г. в рамках годичного собрания Американского химического общества был организован симпозиум по преподаванию истории химии: 18 докладов на этом симпозиуме с добавлением шести примыкающих по тематике статей были изданы отдельным сборником⁵. Несмотря на большое расхождение во взглядах участников симпозиума, общее мнение было единым: трудно подготовить творчески мыслящего химика без знания им истории химии. Можно добавить, что этот вывод еще в большей степени относится к подготовке будущих преподавателей химии на любом уровне, тогда как для химика-технолога, пользующегося наукой как собранием рецептов, знание истории химии практического значения не имеет. Из представленных на этом симпозиуме докладов наибольший интерес для нашей темы представляют два доклада.

В докладе Бента⁶ перечисляются некоторые «привлекательные стороны» преподавания истории химии. Во-первых, это интересно. Кроме того, «исторический подход

может способствовать развитию творческого мышления». Исторический подход учит уважительному отношению к фактам и скромности в толковании явлений природы, в отличие от неисторического подхода, при котором химия рассматривается (в идеале) как дедуктивная система, выводимая из законов физики. Исторический подход учит не бояться сложностей, умению разбираться в кажущейся беспорядочности массы опытных данных (Бент приводит в пример Менделеева) и показывает, как рациональная классификация (а также правильный отбор) фактов помогает преодолеть эту сложность. Исторический подход помогает сохранить оптимизм перед лицом непрерывно возникающих новых проблем, он учит также тому, что в науке нет «пустяков», и даже «мелочи», если к ним относиться внимательно, могут стать отправной точкой для великих открытий; единственный путь для студентов (так же, как и для других «аутсайдеров» науки — философов, логиков и пр.) получить представление о научном методе лежит в изучении примеров, предоставляемых историей науки. На биографическом материале она может показать студентам, что продуктивный ученый не обязательно обладает исключительными интеллектуальными качествами (например, превосходной памятью), но обязательно должен обладать упорством в работе, что на собственных ошибках учатся, что лица, занимающие в науке самое высокое положение, также делают ошибки. Исторический подход может дать как студенту, так и химику-специалисту перспективу, расширяющуюся и на другие дисциплины. Он учит, что отождествление в химии «теоретического» и «математического» неправильно, что математическая строгость и точность количественных данных не гарантируют исследователю, что им сказано последнее или даже «верное» слово. «Исторический подход показывает, что развитие теоретической химии в общем не соответствует картине, которую зачастую рисуют философы науки» и «великий психологический урок, который дает история химии, состоит в осознании того, что каждый существенный шаг в структурной теории был связан с нарушением (has violated) принятых принципов физики». И это далеко не все положения статьи Бента, которые он иллюстрирует многочисленными примерами со ссылками на литературу (105 названий).

Обратимся к докладу другого участника симпозиума — Хейна, который придерживается, казалось бы, совершенно

иною взгляда на преподавание истории химии, резко расходящегося со взглядами остальных участников симпозиума, и голос которого выпадает из общего хора, как это видно и из названия его статьи — «Давайте не будем преподавать историю химии»⁷.

Хейн, высказав сожаление, что симпозиум, посвященный преподаванию истории химии, вообще состоялся, ставит прямо вопрос: «Есть ли какое-либо место для истории химии на отделениях [факультетах] химии и в учебных планах?» Известно, что на многих отделениях химии историю химии не преподают. Причина? Хейн отвечает так: 1. Уже давно признано, что существует химия вчерашнего дня и химия сегодняшнего дня. Задача химических отделений заниматься последней — современными концепциями. 2. «Химия — кумулятивная наука. Если мы владеем сведениями сегодняшней науки, мы в действительности знаем все, что имеется в ней, потому что современная наука включает в себя из прошлого все, представляющее ценность». 3. История химии и вообще история науки для современной науки не имеют практического значения: «Помогает ли знакомство с алхимией приготовлению ракетного топлива? Объясняет ли теория цвета Гёте атомные спектры? Ответ ясен — нет». И постановка вопроса, и ответ на него у Хейна сугубо прагматические. Однако история науки, хотя и оказывала иногда прямое воздействие на развитие химии (пример с атомно-молекулярной теорией приведен выше), но она никогда не претендовала на прямое воздействие, а лишь на косвенное — хотя бы по тем каналам, которые намечены в статье Бента. Что же касается двух первых утверждений Хейна, то он далее фактически опровергает сам себя.

Хейн, например, говорит о своем твердом убеждении в том, что «никакая концепция не может быть понята до конца, если не знают ее истории». В качестве примера он ссылается на структурную органическую химию*, незнание истории которой может привести к ошибочному ее

* Вообще-то Хейн считает химиков-органиков наряду с технологами теми, кому история науки не нужна. Синтетическая органическая химия очень много дала с практической точки зрения, но очень мало в концептуальном отношении. «Большинство химиков-органиков в практическом отношении хорошо подготовлены и искусны в работе, но их кругозор ограничен. Они могут эффективно работать внутри своей системы, но не вне ее».

применению, в частности, если не сделать вывода из истории сращивания двух совершенно независимых концепций — теории резонанса и структурной теории — и из факта, что «резонанс и применение формул Кекуле для его описания исчезают из литературы, хотя структурная теория остается». Знание прошлого структурной теории или любой другой теории особенно необходимо, когда надо внести в нее исправления или подвергнуть модификации.

Хейн указывает также и на то, что история химии может сыграть важную роль для понимания современной химии, разъясняя ее методологию.

В заключение Хейн говорит: «Когда мы рассматриваем историю химии как нечто независимое от современной химии, тогда мы должны бороться за то, чтобы оправдать ее место в учебных планах по химии. Постараемся вместо этого ввести историю химии в главное русло химического образования. Мы можем, стремясь к этой цели, добиваться, чтобы учебники и лекции включали некоторую [историческую] перспективу для материала, который в них излагается. Когда мы примем, что химия не делится на вчерашнюю и сегодняшнюю, а имеется непрерывный постоянно изменяющийся поток взаимосвязанных идей, мы прочно введем живую историю в учебный план».

Таким образом, если Хейн в конце концов отказывается от деления химии на вчерашнюю (мертвую) и сегодняшнюю (живую), то историю химии он делит именно так: на мертвую и живую, и весь его экстремизм направлен против преподавания «мертвой» истории химии. Не будем спорить о том, насколько условно это деление. Гораздо важнее обратить внимание на тот факт, что в стремлении наполнить учебники свежим материалом авторы их оставляют все меньше и меньше места для историко-химических сведений⁸. И вот возникает вопрос, а надо ли вообще отводить место в учебниках истории химии, и если ответ положительный, то в каких именно учебниках. Нам представляется, что целесообразно это делать только в учебниках сугубо концептуальных дисциплин. Примером такой дисциплины может служить термодинамика, и в частности химическая термодинамика, а примером учебников, в которых этот принцип историчности изложения проведен полностью или частично, могут служить руководства Кричевского⁹ и Путилова¹⁰. В учебниках по преимуществу фактологических дисциплин, как, например, в руководст-

вах по органической химии, это делать вряд ли необходимо. В конце концов сведения из истории химии даже «живой» представляют собою, «гетерогенные включения», нарушающие и единство терминологии (если не проводится часто недопустимая ее модернизация), и систематику материала. Кроме того, для преподавания истории химии, и в частности изложения ее в учебниках, требуется от авторов определенный профессиональный уровень, на что также обращали внимание участники упомянутого симпозиума. В качестве примера неумелого применения в учебниках исторического материала Хейн приводит реакцию Вюрца — «эту ужасно грязную реакцию, о применении которой не хотел бы думать ни один химик». О ней говорится в учебниках и рассматривается ее механизм на современном уровне потому, что она важна исторически, а не потому, что она представляет интерес в синтетическом отношении. Ничего кроме путаницы в головы учащихся такие примеры не вносят.

Не целесообразнее ли учебники химии предоставить исключительно «химии сегодняшнего дня» (от которого они, впрочем, отстают, как правило, на несколько лет), а историю современной химии выделить в отдельные курсы, обеспеченные соответствующими учебными пособиями, причем в идеале так, чтобы для каждой учебной дисциплины были бы параллельные курсы и учебные пособия исторического характера. Это не исключает существования учебного пособия по общей истории химии, подобного, например, книге Айда¹¹ — учебного пособия для химических отделений американских университетов и колледжей. Но для того чтобы обеспечить педагогический процесс такими пособиями, история химии должна развиваться, как и всякая научная дисциплина, — должна вестись систематическая исследовательская работа с изложением результатов в печатных сообщениях и обобщением в обзорных статьях, монографиях и в конечном итоге в таких учебных пособиях, о которых шла речь выше.

Таковы животрепещущие проблемы современной истории химии. В какой-то мере их продуктивному обсуждению должно принести пользу обращение к историографии химии (т. е. к истории самой истории химии), центральной фигурой которой, во всяком случае в XIX в., был Герман Копп.

Предшественники Коппа

Историками химии — предшественниками Коппа были Олаф Борх (латинизированное имя Боррихиус) (1626—1690), Торберн Бергман (1735—1784), Иоган Христиан Виглеб (1732—1800), Иоган Фридрих Гмелин (1784—1804), Иоган Бартоломей Троммсдорф (1770—1837), Томас Томсон (1773—1852) и Фердинанд Хёфер (1811—1878). Работы большинства этих историков химии с позиций современной историографии химии рассмотрены В. Штрубе^{12–14} и Й. Вайером^{15–17}, а также в связи с периодизацией истории химии С. А. Погодиным¹⁸.

О работе датского филолога и естествоиспытателя Борха¹⁹ здесь можно только упомянуть, потому что она посвящена по сути истории алхимии и изложение материала в ней доведено лишь до XIII в. включительно.

Работа Бергмана представляет собой две «диссертации» на латинском языке: «О происхождении химии» (1779) и «История химии в средние, или темные, века от середины VII века до середины XVII века» (1782)*. Первые два параграфа диссертации Бергмана «О происхождении химии» представляют особый интерес. В них он высказывает свои мысли о предмете и пользе истории химии, о таких науковедческих вопросах, как связь между эмпирией и наукой, о роли личности и т. д. Книга Бергмана была переведена на немецкий язык Виглебом, который снабдил ее своим предисловием, пространными дополнениями и комментариями²⁰. Продолжением этой работы Виглеба

* Обе диссертации защищались публично в Упсальском университете, причем были выделены специальные оппоненты. Однако это были «диссертации» и «защиты» не в привычном для нас виде, а такие «сочинения», или «рассуждения», которые представлял в Петербургскую академию наук для обсуждения и одобрения современник Бергмана М. В. Ломоносов. Обе диссертации Бергмана вошли в вышедший посмертно 4-й том его трудов по физике и химии (*Bergman T. Opuscula physica et chemica*, v. IV. Lipsiae, 1787, p. 1—84, 85—141). На с. 96 воспроизведены первые страницы диссертаций Бергмана, опубликованных в этом томе. Названия трудов историков химии — предшественников Коппа — не всегда точно цитируются в работах современных историков химии. Поэтому, чтобы придать нашему изложению документальный характер, в настоящей главе воспроизведены также титульные листы всех упоминаемых трудов по истории химии до Коппа и самого Коппа.

(по существу, а не по дате выхода в свет) были два тома истории химии самого Виглеба²¹, который начинает ее там, где остановился Бергман, а именно с 1651 г.

Однако первой работой Виглеба по истории химии надо считать его «Историко-химическое исследование алхимии»²², которое иногда упускается из виду историографами химии из-за его названия. Виглеб в нем доказывает несостоятельность алхимии как науки, но книга Виглеба, как это видно из ее анализа, проведенного Штрубе¹², касается многих вопросов истории и собственно химии. Происхождение химии Виглеб связывает с необходимостью целесообразного использования природных тел. Практика была основой для возникновения различного рода представлений о химических процессах, первоначально неправильно истолкованных. «Истинная» химия возникла в результате накопления практикой опытных данных, их экспериментальной проверки и победы разума над суевериями, благодаря чему были открыты истинные законы природы. Цель истинной химии — изучить эти законы для использования их на практике (ремесла, медицина). И в то же время намечается в качестве цели познание природы вообще, безотносительно к непосредственному практическому использованию результатов исследования, что соответствовало духу эпохи Просвещения²³. Подчеркивание взаимодействия ремесленной практики и истинной химии, в том числе и ее теоретической стороны, — характерная черта этой работы Виглеба. Начало истинной химии Виглеб датирует концом XVII в., с работ Бехера и Штала.

Вторая работа Виглеба²¹ представляет собой изложение в хронологическом порядке исследований, открытий и печатных работ с 1651 г. до 1790 г. — времени появления его книги. Он сознательно включает в свой список все «мелочи», чтобы показать, что в прошлом были не только «признанные мастера». Он также стремится показать и отрицательные стороны в развитии химии, «так как в каждой картине должны присутствовать тени, чтобы лучше был виден свет». Историографы химии, характеризуя работу Виглеба, упускали из виду (и заслуга Штрубе в том, что он обратил на это внимание) методологическую содержательность предисловия Виглеба ко второму тому его хронологии. Он снова подчеркивает там связь ремесла и истинной химии, имевшую особенное значение для переходного

OLAI BORRICHII,
MEDICI REGII, ET IN ACADEMIA
HAFN. PROF. PUBL.
DE
ORTU,
ET
PROGRESSU
CHEMIÆ.
DISSERTATIO.



HAFNIÆ,
Typis MATTHIÆ GODICCHENII,
Sumptibus PETRI HAUBOLD, Reg. Acad. Bibl.
ANNO 1668

*Титульный лист книги О. Боррихиуса «О возникновении
и развитии химии» (1668)*



XXXV.
DE
PRIMORDIIS CHEMIÆ*).

*In artibus et scientiis, tamquam in metalli fodinis, omnia
novis operibus & ulterioribus progressibus, circumstrepere
debent.*

BACO DE VERULAMIO.

§. I.
Testudinei Philosophiæ naturalis
progressus.

Quum a priori de corporibus nihil plane hominibus notum sit, ideoque observando experiendoque Philosophia naturalis tota quantà comparanda, mirari haud convenit, eam admodum lente ad istud adscendisse fastigium, quod nostris tuetur diebus. Sensus nos partim destituunt, nam, quæ infra certum magnitudinis gradum diminuta occurrunt, vel confuse exhibentur, vel omnino disparent, partim etiam fallunt, aliter res obvias repræsentando, quam

*) Hæc Dissertatio publice defensa fuit Vpsalæ in Auditorio Gustaviano d. 4. Iun. 1779. respondente IACOBO PAULIN. Westrogotho.

Bergm. Opusc. Vol. IV. A

Первая страница диссертации Т. Бергмана «О происхождении химии» (Уппсала, 1779)

XXXVI.

HISTORIÆ CHEMIÆ
MEDIUM SEU OBSCURUM ÆVUM
A MEDIO SÆCULO VII. AD
MEDIUM SÆC. XVII*).

*Existimare oportet naturam multa et varia a rebus ipsi
edoctam et coactam esse; rationem vero ea, quæ ab illa
sibi mandata et tradita fuerant, posterius adcuratiora
et poliora reddidisse, et inventis addidisse, in nonnul
lis citius, in aliis tardius.*

LAERTIUS.

§. I.

Idea generalis hujus periodi.

INCIPIT hæc ætas a destructa per Arabes Bi
bliotheca Alexandrina, circa medium fere
sæculi VII, & ad primas scientiarum societates
institutas progreditur paullo post medium sæ
culi XVII, annos circiter mille complectens.
Scilicet anno 1651 Academia del Cimento Flo
rentiæ fundata est, 1660 Societas Regia Lon
dinensis a CAROLO II, 1664 Academia Natu
ræ Curioforum, tandemque 1666 a LUDOVICO
XIV. Academia Scientiarum Parisiensis. Te
nebræ, quibus Historia Chemiæ hoc intervallo

F 3 in-

*) Hæc Dissertatio publice proposita fuit Upsaliæ in
Auditorio Gustaviano majori d. 11. Junii 1782. re
spondentē PETRO AFZELIO ARVIDSON Westro
gotho.

*Первая страница диссертации Т. Бергмана «История химии.
Средние, или темные, века. С середины VII века до середины
XVII века» (Уппсала, 1782)*

G e s c h i c h t e
des
Wachsthums und der Erfindungen
in der
C h e m i e
in der ältesten und mittlern Zeit.

Aus dem lateinischen übersezt, mit Anmerkungen
und Zusätzen

von

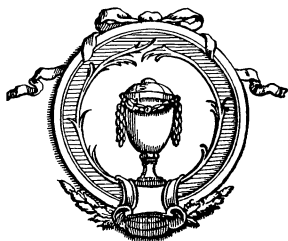
Johann Christian Wiegleb.



Berlin und Stettin,
bey Friedrich Nicolai, 1792.

*Титульный лист перевода Визелем диссертаций Бергмана
на немецкий язык под названием «История развития и открытый
в химии в древности и средние веки» (Берлин
и Штеттин, 1792)*

G e s c h i c h t e
des
Wachstums und der Erfindungen
in der
C h e m i e,
in der neuern Zeit.
Von
Johann Christian Wiegleb.



Ersten Bandes erster Theil,
von 1651 bis 1700.

Mit Königl. Preussischer Kurbrandenburgischer allergnädigster Freyheit.

Berlin und Stettin,
bey Friedrich Nicolai, 1790.

Титульный лист книги И. Х. Виглеба «История развития и открытий в химии в новое время» (т. I, 1790)

периода, когда алхимия уступала место химии, а затем было осознано, что химия служит не только для приготовления врачебных снадобий, но приносит пользу для всевозможных «искусств» и занятий. Опыт развития науки в XVIII в. позволяет Виглебу указать на плодотворное влияние мирных условий «для всех наук и искусств». Развитие химии Виглеб представляет как непрерывный процесс накопления опытных данных без смены эволюционных и революционных стадий.

Примерно в том же духе Виглеб высказывается и в своем предисловии к переводу книги Бергмана²⁰.

До появления четырехтомника Партингтона в середине XX в. трехтомная почти в 3000 страниц история химии Гмелина²⁴ была самым капитальным изданием такого рода. Хронологические рамки работы Гмелина — XII — XVIII вв. Собранный автором по первоисточникам материал, расположенный, как и у Виглеба, в хронологическом порядке, представлял неоценимое собрание фактических сведений, снабженных ссылками на источники. Из этого труда Гмелина черпали данные для своих работ Копп и другие историки химии. Было бы ошибочно на основании того, что работа Гмелина представляет собой в основном частично аннотированную хронологию, полагать, что он оставляет без обсуждения приводимый им материал и обходит методологические вопросы истории химии.

Гмелин отмечает, например, не только влияние химии на развитие общества, но и обратное влияние политических и военных событий, философских течений, религиозных учений, изменяющихся запросов со стороны медицины и других факторов на химию. Согласно Гмелину, наибольшее влияние на развитие химии в философском плане (мы сказали бы теперь в методологическом) оказал Ф. Бэкон. Гмелин уделяет внимание взаимосвязи и взаимовлиянию химии и других наук, и в частности (здесь Гмелин следует, несомненно, за Кантом) математики.

Труд Гмелина представлял часть энциклопедической «Истории естествознания», которая несла на себе такой же отпечаток эпохи Просвещения, как энциклопедия Дидро и Даламбера во Франции и аналогичные энциклопедии в других странах. Появление работы Гмелина, и именно в этой серии, было своевременным еще и потому, что химия, которую многие продолжали рассматривать как служанку ремесел и медицины, стремилась к концу XVIII в. доказать

Geschichte
der
Künste und Wissenschaften
seit der Wiederherstellung derselben bis an das Ende
des achtzehnten Jahrhunderts.

Von
einer Gesellschaft gelehrter Männer
ausgearbeitet.

Achte Abtheilung.
Geschichte der Naturwissenschaften.
II. Geschichte der Chemie

von
Joh. Friedr. Gmelin.

Erster Band.

Göttingen,
bey Johann Georg Rosenbusch.
1797.

*Титульный лист книги И. Ф. Гмелина «История химии со времени
возрождения наук и до конца XVIII столетия» (т. I, 1797)*

свое право на существование как самостоятельной дисциплины. Переходное состояние, однако, отразилось на работе Гмелина — и в ней истории ремесленной химии и химических промыслов автор уделил гораздо больше места, чем это делали историки химии XIX в. Объясняется это в известной степени и тем, что сам Гмелин, выпустивший перед этим руководства по технической и ремесленной химии, имел в руках богатый материал по их истории.

Гмелин уже мог пойти дальше Виглеба и в характеристике новейшего для него периода в истории химии. Он был приверженцем (одним из первых в Германии) антифлогистической системы Лавуазье и хорошо понимал значение количественных методов в химии, особенно в аналитической, получивших особенное развитие после работ Штала и Лавуазье.

От историка химии Гмелин требует беспристрастности в том смысле, что он «не должен принадлежать ни к какой церкви, ни к какому народу, ни к какому поколению... не должен со слепым пристрастием относиться к старому, так же как и не должен высказывать неудержимое изумление перед новым, не должен недооценивать того, что сделано для развития науки ее ревнителями ранее, так же как должен остерегаться умалить ее последующие успехи»²⁴ (т. 1, с. V). Впрочем, еще Лукиан (II в. н. э.) в своем памфлете «Как писать историю» предъявлял к историку аналогичные требования²⁵.

Троммсдорф — автор многочисленных химических и фармацевтических руководств — в издававшейся им «Карманной книжке для врачей, химиков и фармацевтов» (1803—1805)²⁶ напечатал в виде трех статей «Общий обзор истории химии» («Allgemeine Übersicht der chemischen Geschichte»), который в 1806 г. вышел отдельным изданием²⁷. В этой *общей* истории химии Троммсдорф не вдаётся в частности из истории изучения отдельных веществ или разработки методов, оставляет в стороне также биографический материал и акцент делает на связи между развитием химии и других наук, философии и культуры. В конце работы он приводит синоптические таблицы, в которых сопоставляются даты из истории химии с датами из гражданской истории, в частности истории культуры*. Однако

* Предшественником Троммсдорфа в этом отношении был Фуркруа. Его «Tableaux synoptiques de chimie» вышли первым изданием в 1799—1800 гг., вторым — в 1805 г.

V e r s u c h
einer
allgemeinen Geschichte
d e r C h e m i e.

In drei Abtheilungen.

Aus dem Taschenbuche für Aerzte u.
besonders herausgegeben

von

D. J. B. Trommsdorf.

E r f u r t,
in der Hennings'schen Buchhandlung
1806.

Титульный лист книги И. Б. Троммсдорфа «Опыт общей истории химии» (1806)

на этом основании историю химии Троммсдорфа не следует противопоставлять, как это иногда делают, книгам Виглеба и Гмелина, потому что Троммсдорф предполагал позднее написать «специальную историю химических открытий», что не было осуществлено, и, следовательно, как нам представляется, его книгу можно поставить в один ряд с пространными введениями в трудах Виглеба и особенно Гмелина. Видимо, в ошибочном толковании замысла Троммсдорфа виноват и он сам, поскольку своих предшественников он аттестовал как фактологов, или, если придерживаться его способа выражения, как приверженцев летописной («анналистической») формы изложения.

История химии, по Троммсдорфу, должна преследовать «прагматические» цели*. В духе эпохи Просвещения Троммсдорф рассматривает историю химии и историю науки вообще как непрерывный процесс духовного развития к большому совершенству. И в то же время основой развития и преуспевания химии служит опыт, а точнее, взаимодействие эмпирии и философии, которое происходит под влиянием общественных и экономических условий своего времени. Троммсдорф следует идеям эпохи Просвещения также и в том, что рассматривает историю как связанное целое, в которое отдельные факты входят как подчиненные элементы.

Большое влияние философии истории эпохи Просвещения (в лице Лессинга, Гердера, Вольтера) на Троммсдорфа проявилось в том, что он в своей истории химии первостепенное место уделяет воздействию философии (Вольтера, Канта, Шиллера) на развитие химии и вследствие этого его работа в значительной степени превращается в историю идей в химии (*Geistesgeschichte der Chemie*). «Выражения человеческого мужества и неутомимой деятельности духа сами по себе представляют поучительное зрелище, но бесконечно сильнее их воздействие, когда оно относится к истине и науке»²⁹. Таково одно из основных положений, которому стремился следовать Троммсдорф в своей книге.

Английский химик Томас Томсон, известный как горячий сторонник и пропагандист атомистической теории Дальтона, издал в 1830 и 1831 гг. двухтомную «Историю

* «Der Verfasser... wollte die Geschichte der Chemie als Wissenschaft historisch pragmatisch darstellen»²⁸.

THE
HISTORY
OF
CHEMISTRY.

BY
THOMAS THOMSON, M.D. F.R.S.E.
PROFESSOR OF CHEMISTRY IN THE UNIVERSITY OF GLASGOW.

IN TWO VOLUMES.

VOL. I.

LONDON:
HENRY COLBURN, AND RICHARD BENTLEY
NEW BURLINGTON STREET.

1830.

Титульный лист книги Т. Томсона «История химии» (т. I, 1830)

химии»³⁰. «В отличие от других наук химия ведет родословную от заблуждений и суеверий и была в первое время на одном уровне с магией и астрологией» — так начинает свою книгу Томсон. Только к середине XVIII в. химия освободилась от алхимических заблуждений и начала проявлять в полной мере свои качества «полезной науки». Именно с этого времени она стала привлекать к себе наиболее крупных и активных деятелей науки во всех странах и ее развитие стало идти со все большим ускорением. Поле приложения химии все больше расширялось, польза, ею приносимая, стала общепризнанной, химия стала необходимой частью образования. «Она способствовала прогрессу общества, улучшению условий жизни и созданию комфорта, увеличению мощи и ресурсов человечества в такой степени, как все остальные науки, вместе взятые. Естественно поэтому стремление познакомиться с возникновением и развитием такой науки, узнать что-либо из ее истории». С таких просветительских позиций и задумана «История химии» Томсона. Будучи сам автором современных руководств по химии, Томсон и свой исторический труд полагает должным заключить очерком, в котором, как он пишет, «кладет перед читателем своего рода карту современного состояния химии, по которой можно судить о том, как много уже исследовано наукой и сколько еще остается невозделанной почвы»³¹.

Непосредственным предшественником Коппа был Фердинанд Хёффер — автор двухтомной «Истории химии» на французском языке. Хёффер родился в Германии, но 19-ти лет переехал во Францию*, где в 1835—1840 гг. изучал медицину, а затем недолгое время был практикующим врачом. Одно время он был секретарем и сотрудником философа В. Кузена (1792—1867). Но большую часть жизни Хёффер занимался литературным трудом, результатом которого и была, в частности, его «История химии»³².

Хёффер, по-видимому, не был знаком с историей химии ни Троммсдорфа, ни Томсона. Во всяком случае, он о них не упоминает. Труд Гмелина Хёффер не вполне справедливо характеризует как «стерильное перечисление литературных источников, имен и открытий без какой-либо философской связи»^{32a}. Поэтому, как писал Хёффер, «историю

* Поэтому правильное произношение его фамилии — Хёффер, а не Гефёр на французский лад.

HISTOIRE DE LA CHIMIE

DEPUIS LES TEMPS LES PLUS REÇULÉS

JUSQU'À NOTRE ÉPOQUE;

COMPRENANT

UNE ANALYSE DÉTAILLÉE DES MANUSCRITS ALCHEMIQUES DE LA BIBLIOTHÈQUE
ROYALE DE PARIS;
UN EXPOSÉ DES DOCTRINES CABALISTIQUES SUR LA PIERRE PHILOSOPHALE;
L'HISTOIRE DE LA PHARMACOLOGIE, DE LA MÉTALLURGIE, ET EN GÉNÉRAL DES
SCIENCES ET DES ARTS QUI SE RATTACHENT À LA CHIMIE, ETC.

PAR LE D^r FRED. HOEFER.

TOME PREMIER.

A PARIS,
AU BUREAU DE LA REVUE SCIENTIFIQUE,
RUE JACOB, 36;

CHEZ L. HACHETTE,
LIBRAIRE DE L'UNIVERSITÉ ROYALE DE FRANCE,
Rue Pierre Sarrasin, 12;

ET CHEZ FORTIN, MASSON ET C^{ts}, LIBRAIRES,
PLACE DE L'ÉCOLE DE MÉDECINE, 1.

1842.

*Титульный лист книги Ф. Хёффера «История химии с древнейших
времен до нашей эпохи» (т. I, 1842)*

химии еще предстоит написать. Работа, которую я ныне имею честь представить публике, не могла быть поэтому скалькирована с какой-либо модели»³²⁶. Особенностью своей работы Хёффер считал проведенную в ней тесную связь между историей химии и историей культуры — поэтому каждому разделу он предпосылает обзор политической и культурной истории соответствующего периода. Однако в этом отношении Хёффер, как следует из сказанного ранее, неоригинален. Развитие общества и развитие науки, по Хёфферу, «так же не отделимы друг от друга, как невозможно изолировать человека от среды, в которой он живет»³³.

Отсюда и та дидактическая функция истории науки, о которой говорит Хёффер: «История науки, на мой взгляд, это не сухое перечисление фактов и собственных имен и тем более не возбужденная полемика по вопросам приоритета — она должна удовлетворять более возвышенным интересам. История науки показывает нам лучше, чем все рассуждения, путеводную нить великих событий, которые придают промышленности, искусствам и торговле новые направления и которые тем самым нередко изменяют лицо общества»³⁴. Не случайно поэтому, что в своей работе Хёффер уделяет большое место прикладным и техническим аспектам химии.

Отличительной чертой Хёффера как историка науки было и то, что оценку достижений науки в какую-либо эпоху он считал правильным проводить исходя из состояния науки именно в ту эпоху, а не мерять эти достижения масштабом новейшего времени. «Слова истина и заблуждение не имеют абсолютного смысла, ибо то, что мы сегодня называем истиной, может оказаться завтра заблуждением, и наоборот. Об этом свидетельствует история»³⁵. Такой сугубо релятивистской постановкой вопроса об истине в науке можно объяснить и то, что Хёффер, в отличие от своих предшественников и особенно Томсона, доводит изложение истории химии только до начала XIX в. Как пишет Хёффер, «довести историю химии до наших дней — это задача трудная, даже деликатная, требующая много времени и большого опыта. Кто поручится, что теории, которым мы следуем сегодня, не будут опрокинуты завтра? Если сомнение и допустимо, то в первую очередь для историка, который видит, как рождается и умирает столько всего, чье существование представлялось вечным...»³⁶.

Копп

Коппу принадлежат четыре крупные работы по истории химии: «История химии» (1843—1847) — его первая и наиболее популярная работа, состоящая из четырех частей [30, 33, 37, 43], монография «Развитие химии в новое время» (1873) [80], три книги «Материалов к истории химии» (1869, 1875) [78, 79, 81] и двухтомник «Алхимия в старое и новое время» (1886) [91].

*«История химии» **

Копп приступил к работе над историей химии в 1841 г., когда он был приват-доцентом в Гиссенском университете, и затем включил этот предмет в число своих лекционных курсов (30, с. VII). Когда работа Коппа была уже написана, вышел из печати первый том «Истории химии» Хёффера, что, как пишет Копп, лишь укрепило его в намерении издать свой труд.

Копп был хорошо знаком с трудами своих предшественников, в том числе «Историей химии» Гмелина, из которой он сам заимствовал многие данные, относящиеся к работам химиков XVIII и более ранних веков. Копп писал в предисловии к первой части своей «Истории химии»: «Мое убеждение в полезности описания развития нашей науки основывается не только на том, что в настоящее время имеется слишком мало пособий для преподавания, но еще на сложившейся у меня точке зрения, что по плану, принимавшемуся до сих пор для таких работ, решительно нельзя написать никакой истории химии, которая должна знакомить с развитием науки в целом, а также с отдельными частностями во все эпохи» [30, с. VIII].

Копп критикует подход своих предшественников, придерживавшихся хронологического расположения материала, которое при его изобилии и разнородности приводило к «хаосу не связанных друг с другом открытий» и не позволяло с должной расстановкой акцентов и в правильном масштабе описать развитие химии в различные эпохи. Из-за обилия материала положение историка химии было, конечно, трудным и в те времена, но Копп находит выход из такого положения в том, что первую часть своей «Исто-

* Первый анализ этой работы Коппа принадлежит Юлиусу Руске³⁷.

рии химии» посвящает ее общей истории, а три остальные части — специальным областям химии, в том числе изучению отдельных классов химических соединений. Но и для общей истории химии надо было найти объединяющий принцип, позволивший бы связать вместе развитие химии в различные эпохи. По мнению Коппа, свыше тысячи лет химия ставит перед собой общие задачи, намечает основные направления и выдвигает соответствующие теории, находящиеся в определенной связи друг с другом. Поэтому общая история химии, стержнем которой служит развитие теоретических представлений, будет представлять непрерывную легко обозримую цепь [30, с. X]. Однако, несмотря на преемственность теоретических представлений, каждая эпоха в истории химии имела свои руководящие идеи, что позволяет периодизировать историю химии. Копп намечает пять периодов, или эпох, в истории химии: 1) период с древнейших времен до IV в. н. э. — период накопления химических эмпирических знаний, не связанных между собой никакими теоретическими представлениями; 2) эпоха алхимии (IV в. — начало XVI в.); 3) эпоха медицинской химии (вторая четверть XVI в. — середина XVII в.); 4) век теории флогистона (середина XVII в. — третья четверть XVIII в.); 5) век количественных исследований (последняя четверть XVIII в. — до 40-х годов XIX в., «до настоящего времени»). Строго говоря, в названиях периодов у Коппа не всегда отражено стремление положить в основу периодизации смену руководящих теоретических представлений, характерных для каждой эпохи, как это видно, например, из сопоставления названий 3-го и 5-го периодов.

Сравним периодизацию Коппа и его предшественников¹⁸. Бергман делит историю химии на мифологическую, «темную» и «достоверную», что в общем отражало принятое в его время деление всеобщей истории на древнюю, среднюю и новую. Виглеб также разделяет историю химии на древнюю химию, алхимию (с IV в. н. э.) и «истинную» химию, начало которой, как уже было упомянуто, он датирует концом XVII в., с работ Бехера и Штала. В предисловии к переводу книги Бергмана Виглеб сохраняет периодизацию автора, датируя, как и Бергман, начало «достоверной» химии с основания первых научных обществ и академий, т. е. с середины XVIII в. Гмелин выдерживает примерно такую же периодизацию истории химии, разделяя

Geschichte der Chemie.

Von

Dr. Hermann Kopp,

außerordentlichem Professor der Physik und Chemie an der Universität Siegen.

Erster Theil.

Mit dem Bildnisse Lavoisier's.

Braunschweig,

Druck und Verlag von Friedrich Vieweg und Sohn.

1843.

Титульный лист книги Г. Коппа «История химии» (ч. I, 1843)

ее на древнюю, среднюю (XII в. — середина XVII в.) и новую (середина XVII в. — конец XVIII в.), подразделяя среднюю и новую историю химии на подпериоды, связанные с именами Бойля (вторая половина XVII в.), Штала (конец XVII — до последней четверти XVIII в.) и Лавуазье (последняя четверть XVIII в.).

Троммсдорф сознательно избегал какой-либо периодизации³⁸. В «Истории химии» Томсона также нет определенной периодизации, даже расположение материала у него нельзя признать достаточно логичным. Параграф об алхимии предшествует параграфу о химических знаниях древних, затем следуют параграфы, отведенные химии у арабов, Парацельсу и его ученикам, Ван Гельмонту и ятрохимии, Агриколе и металлургии, химикам конца XVII в. После этого Томсон переходит к характеристике развития химии в Великобритании и других странах, а последующие параграфы отведены аналитической химии, электрохимии, атомной теории и очерку современного состояния химии. Таким образом, как замечает С. А. Погодин, «История химии» Томсона может служить примером «неудачного расположения материала, которое явилось следствием отсутствия внимания к периодизации»³⁹.

Хёффер в соответствии со своей установкой рассматривать историю химии в тесной связи с гражданской историей и историей культуры делит историю всех естественных наук на три больших периода: древний (с древнейших времен до IX в. н. э.), средний (IX в. — до начала XVI в.) и новый, или современный (с XVI в. до «настоящего времени»), которому посвящает в своей книге три параграфа, соответствующих XVI, XVII и XVIII вв. Хотя Хёффер и характеризует подробно каждый из этих подпериодов, но в общем деление здесь у него сугубо календарное.

Из этих сопоставлений видно, насколько периодизация Коппа более обоснована, чем у его предшественников и современника Хёффера. Примечательно и указание Коппа на условность, иными словами, размытость границ между периодами, поскольку теоретические представления находят признание не сразу после того, как они были высказаны. Следует подчеркнуть, что у Коппа впервые за основу периодизации приняты признаки, специфичные для развития самой химии, хотя он, подобно Троммсдорфу, подчеркивает и взаимосвязь между историей химии и историей культуры, а также влияние событий в мировой исто-

рии на науку. Эта особенность периодизации в «Истории химии» Коппа, ее естественная, так сказать, приспособленность к изложению материала по истории химии сделала ее привлекательной в глазах последователей Коппа, которые, как показал С. А. Погодин, с некоторой модернизацией применяли ее и в своих трудах по общей истории химии.

Сам Копп, как отметил Вайер⁴⁰, несколько преувеличил новизну принципов, которые он положил в основу систематизации материала в своей «Истории химии», необоснованно характеризую работы всех своих предшественников как бесплановые. Разделение истории химии на общую и специальную части в принципе принимал уже Троммсдорф; до известной степени, хотя и не вполне последовательно, оно было проведено и Хёффером. Поэтому правильнее сказать, что Копп провел на практике и до конца те принципы систематизации материала по истории химии, которые были намечены его непосредственными предшественниками. Однако Копп в одном отношении начинает новый этап в историографии химии — в его «Истории химии», как уже отмечалось, внимание читателя концентрируется на внутренних процессах и событиях самой химии и, если употребить современное выражение, — на внутренней логике ее развития даже в ущерб раскрытию социального, экономического и идеологического (влияние философии) аспектов ее истории. Такой поворот в историографии химии, однако, вполне закономерен. К 40-м годам XIX в. химия вполне эмансипировалась от других наук, ясно наметился предмет ее исследований, их задачи и методы и появились уже теоретические представления, которые позволили объединить в связанное целое многочисленные факты, накопленные в процессе эмпирического изучения химических соединений. Требовалось подвести итоги развития самой химии и предоставить этот материал в распоряжение преподавателей. Эту задачу для своего времени и решил Копп своей «Историей химии».

«История химии, которая стремится дать ясное представление и о развитии наших нынешних знаний, должна переработать имеющийся в ее распоряжении материал в обеих плоскостях» [30, с. X]. В то же время «История химии» не должна превращаться в учебник химии, хотя она примыкает к нему в том отношении, что, сообщая сведения из истории наших современных знаний, «служит

дополнением к учебнику» [30, с. XI]. Изучение химии в историческом аспекте может способствовать, по мнению Коппа, также и дальнейшему развитию теоретических взглядов (*zur Hebung des wissenschaftlichen Standpunktes*) в химии. «Я полагал,— писал Копп,— что этого можно достигнуть в первую очередь, если попытаться сделать мою работу в максимальной степени соответствующей современному состоянию науки» [30, с. XIII]. Этот подход Коппа проявляется в том, что он доводит изложение истории химии буквально до дней, предшествовавших написанию рукописи и последнему, пятому, периоду, несмотря на его неизмеримую с четырьмя другими периодами хронологическую краткость, уделяет свыше одной трети текста в общей части своей истории химии и еще больше в специальной части.

Каждый историк химии, в том числе, конечно, и Копп, должен столкнуться еще с таким вопросом, как включение биографического и библиографического материала. Очерки жизни и деятельности крупнейших ученых-химиков Копп считает обязательной составной частью общей истории химии, причем держится того мнения, что представление об эпохе лучше дают подробные очерки жизни и деятельности немногих деятелей науки, чем собрание кратких сведений о многих. Аналогичного взгляда он придерживается и относительно библиографических ссылок на работы химиков и ограничивается (в тексте) цитированием заглавий лишь важнейших работ, полагая, что в других случаях можно ограничиться указанием автора и года работы, поскольку этих сведений достаточно, чтобы отыскать в журналах соответствующую работу.

Более полное представление об «Истории химии» Коппа может дать обзор ее содержания.

Часть I. Общая история химии. Введение (задача общей истории химии, границы истории химии, периодизация, интерес и польза истории химии).

Первый период — химические знания древних (21 с.), второй период — алхимия (44 с.), третий — медицинская химия (82 с.), четвертый — теория флогистона (124 с.), пятый — период количественных исследований (177 с.).

В последнем разделе этой части обсуждаются такие вопросы: отношение химии к алхимии, представления об элементах, формирование аналитической химии, отноше-

ние химии к другим наукам — физике и минералогии, а также к культуре и медицине, возникновение антифлогистической теории, эмпирические исследования количественного состава химических соединений, установление постоянства их состава, изучение объемных отношений газов во время реакций, формирование органической химии, возникновение электрохимического направления, формирование физико-химического направления. Изложение этого материала перемежается в должных местах с очерками, посвященными Лавуазье, Гитону де Морво, Фуркруа, Бертолле, Клапроту, Вокелену, Прусту, Дальтону, Гей-Люссаку, Г. Дэви, Тенару, Берцелиусу, Фарадею, Мичерлиху, Дюма, Либиху и Вёлеру. Есть еще параграф, посвященный состоянию химии в Германии в начале XIX в.

Часть II. Эта часть не имеет отдельного названия и в какой-то степени она является продолжением части I, потому что начинается с раздела «О наименовании, понятии и изучении химии» (32 с.). Затем, как это было обещано в предисловии к части I, следует большой раздел «История отдельных ветвей (Zweige) химии» (100 с.). Сюда входит «История аналитической, минералогической, фармацевтической и прикладной химии». Для истории теоретической химии нет специального раздела под таким названием, но фактически ей посвящен еще больший раздел «История учения о сродстве и близких областях (und verwandter Gegenstände)» (161 с.). Содержание этого раздела, однако, выходит за пределы собственно истории учения о сродстве. Здесь снова появляется параграф «Представления об элементах», в отдельных параграфах обсуждается формирование понятия «химическое соединение», идет речь об установлении стехиометрических законов, о зависимости свойств химических соединений от состава (вопрос, который Копп сам разрабатывал в то время) и, наконец, заключительный параграф отведен истории химической номенклатуры и теории знаков.

Несколько неожиданным с точки зрения структуры всей работы Коппа является помещение между двумя последними разделами «Специальной истории алхимии» (124 с.), хотя о включении такого раздела во вторую часть в виде дополнения Копп предупредил в предисловии к части I. Это объясняется, по-видимому, тем, что Копп уже в то время занялся более обстоятельно историей ал-

химии, как об этом свидетельствует и Липшман⁴¹. Сам Копп появление этого раздела после того, как период алхимии уже был описан в части I, объясняет следующим образом: «В течение одиннадцати столетий алхимия составляла сплав с научной химией... После того как химия обратилась к иным целям, чем превращение неблагородных металлов в благородные, алхимические направления еще продолжали существовать. Полтора тысячелетия вплоть до начала нашего столетия алхимия господствует над многими умами. Она заслуживает поэтому более обстоятельного освещения, и это мы хотим сделать здесь» [33, с. 142]. Работы Коппа по истории алхимии именно с этих позиций продолжались и в последующие годы, и к их обсуждению мы обратимся позднее.

Часть III. В предисловии к первой части Копп сообщил читателям, что третья и четвертая части его труда будут посвящены «истории отдельных соединений, принадлежащих неорганической химии, и истории органической химии» [30, с. X]. Действительно, часть III состоит из следующих разделов (для удобства мы вводим нумерацию, отсутствующую в этой части у автора): 1. Кислоты, щелочи и земли, соли. 2. Металлы, кальцинация или обжигание (*Verkalkung*), горение. 3. Газы, атмосферный воздух, кислород, азот. 4. Азот, азотная кислота, аммиак. 5. Вода, водород. 6. Углерод и его соединения. 7. Сера, фосфор, селен. 8. Хлор, фтор, йод, бром.

Хотя в названии разделов у Коппа только один раз, в случае углерода, оговорено, что речь идет об элементе и его соединениях, но в действительности везде говорится и о данном элементе и о его соединениях (исключение: в п. 5 речь идет только об азоте, а в п. 6 — о его соединениях).

Часть IV. Эта часть имеет специальное предисловие, в котором автор пишет, что теперь ему стали еще яснее недостатки его работы, в первую очередь ее неполнота. Копп указывает на недостаточность ссылок на оригинальные работы. Он признается, что у него просто не было возможности просмотреть так полно работы химиков, как это сделал его предшественник И. Ф. Гмелин при написании своего «классического труда» [43, с. VI]. Что же касается современной журнальной литературы, т. е. литературы первых десятилетий XIX в., то в ссылках на нее нет необходимости, так как их читатель может найти в ру-

ководстве Л. Гmeliна⁴², этой «незаменимой и исчерпывающей истории достижений химии и ее литературы в новейшее время» [43, с. VII]. Копп предвещает читателя и о том, что ему было трудно дать полную историю органической химии, в которой идет непрерывная смена теоретических представлений, противопоставляемых друг другу, и поэтому, например в номенклатуре органических соединений, он вынужден был «по меньшей мере внешне покинуть историческую точку зрения и примкнуть к одной определенной школе» (подразумевается школа Либиха). Еще один недостаток своей работы Копп видит в неизбежных повторениях, когда в одних случаях какой-либо вопрос затрагивался с общей точки зрения, а в другом рассматривался в деталях. «Каждый отдельный предмет я обсуждаю там, где это мне казалось уместным с исторической точки зрения, а не там, где его бы надо поместить согласно современной классификации, принятой в науке» [43, с. VI].

Именно этими соображениями надо объяснить то, что половину части IV занимает раздел «История щелочей, земель и металлов», где описывается история отдельных представителей этих классов веществ, причем происходит как бы некоторое дублирование материала, приведенного в части III.

Вторая половина этой заключительной части тетралогии Коппа отведена не «Истории», а лишь «Материалам к истории органической химии», чем подчеркивается самокритичное отношение автора к обработке им истории органической химии⁴³.

В речи памяти Коппа его близкий друг и один из виднейших немецких химиков второй половины XIX в., А. В. Гофман⁴⁴, заметил, что книга «История химии» Коппа стала настолько редкой, что не всегда даже упоминается в каталогах антикваров, и попытался ответить на вопрос, почему автор не подготовил второе ее издание. Сам Гофман ответил на свой вопрос так: здесь мы встречаемся еще раз со случаем, когда лучшее — враг хорошего. Копп все время продолжал собирать материал для нового издания, и, какой характер носила эта подготовительная работа, можно представить по его «Материалам к истории химии» и «Алхимии...».

К этим работам мы вернемся позднее, а сейчас обратимся к той монографии Коппа, которую в какой-то

степени можно рассматривать как второе, значительно сокращенное и в то же время дополненное издание его «Истории химии».

«Развитие химии в новое время»

Историческая комиссия Баварской академии наук приняла издание многотомной «Истории наук в Германии в новое время». Седьмой том этого издания и составила книга Коппа. В предисловии автор отмечает, что эту книгу он не назвал «Историей химии», только чтобы избежать смешения с его «Историей химии» 40-х годов.

Копп отступил от идеи всего многотомного издания, предназначенного дать описание развития наук в Германии. Как он пишет в предисловии, химия принадлежит к тем наукам, которые по характеру своего предмета и своим методам не могут принадлежать одной нации, и «развитие химии в Германии происходило в тесном взаимодействии с тем, что делалось вне ее». Более того, Копп пишет также, что если кто-либо захотел бы написать историю химии с национальной точки зрения, он мог бы создать что-либо удовлетворительное, лишь если бы последовал совету Лукиана 1700-летней давности: «Историк не должен иметь родины, не должен выступать как гражданин какого-либо государства» [80, с. VIII и IX] *. Заметим, что Копп отказался написать «германскую» историю химии, когда только что победой Пруссии закончилась ее война с Францией, была создана Германская империя и волна шовинизма еще не спадала.

Эта, можно сказать, интернационалистская позиция Коппа проявляется лучше всего при обсуждении заявлений Вюрца и некоторых других французских авторов о том, что научная химия — французская наука, потому что она обязана своим возникновением гению Лавуазье. Копп задает вопрос: были ли ненаучными понимание химии и ее разработка («назовем лишь некоторых из многих») Бойлем, Шталем, Пристли, Блэком, Кавендишем, Шееле и Бергманом? [80, с. 90]. Уже Бойль является

* Гофман ⁴⁵ упоминает о небольшой работе Коппа «Über die Nationalitätsprincip in der Wissenschaft», в которой он, вероятно, развивал эти свои взгляды. К сожалению, этой работы не оказалось в наших библиотеках и даже не удалось установить ее выходные данные.

Die Entwicklung
der
Chemie in der neueren Zeit

VON
Hermann Kopp.

AUF VERANLASSUNG
UND MIT
UNTERSTÜTZUNG
SEINER MAJESTÄT
DES KÖNIGS VON BAYERN
MAXIMILIAN II.



HERAUSGEGEBEN
DURCH DIE
HISTORISCHE COMMISSION
BEI DER
KÖNIGL. ACADEMIE DER
WISSENSCHAFTEN.

München, 1873.
H. L i b e n b o u r g.

Титульный лист книги Г. Коппа «Развитие химии в новое время» (1873)

представителем научной химии*, и даже Шталь, согласно Коппу, также правильно сформулировал в качестве задачи химии «изучение разложения сложных тел на их составные части и соединения последних с образованием сложных тел снова» [80, с. 92].

Для сравнения приведем собственное определение Коппа: «Химия есть учение о составе вещества. Ее задача — изучение, из чего состоят различные вещества, как их различие зависит от неодинаковости состава, как они образуются и каковы изменения, происходящие в их составе при известных обстоятельствах» [80, с. 1]. Как видим, Копп в своем определении химии, которым он руководствовался в своих физико-химических работах, не так далеко ушел от Шталя.

Приведем содержание рассматриваемой монографии Коппа, чтобы ее можно было сравнить с его же «Историей химии». Раздел, посвященный химии до конца XVII в., занимает всего 29 страниц. Развитие химии от Бойля до Лавуазье — 51. Развитие химии перед падением теории флогистона — 39. Реформа химии, осуществленная Лавуазье, — 73. Успехи в изучении элементов — 10. Взгляды на сущность химического соединения и изучение постоянства пропорций — 29. Изучение закономерностей в химических пропорциях и формирование атомистической теории — 97. Становление атомистической теории к 1840 г. и определение атомных и соединительных весов элементов — 96. Развитие неорганической химии и перестройка «химической системы» в 1810—1840 гг. — 79. Развитие знания и представлений об органических соединениях до 1840 г. — 64. Опровержение старых химических теорий в 1830-х годах — 50. О некоторых важнейших успехах химии к 1858 г. — 75. Разработка новых теорий химической конституции — 133 страницы.

Из этого перечисления видно, что основное внимание в новой книге Копп уделил теоретическим представлениям. В предисловии он сам отмечает, что второстепенное место, отводимое им материалу, относящемуся к накоплению фактических (эмпирических) знаний, вызвано тем, что обработка этого материала для книги такого объема оказалась

* Эта точка зрения не была особенно оригинальной. Во Франции ее высказал, например, Хёффер, датировавший с Бойля основание современной химии⁴⁶.

для него непосильной [80, с. VII]. Указывает Копп и на другую трудность, с которой он встретился,— изложить объективно материал, относящийся к теоретической части химии, вследствие быстрой смены в химии теоретических представлений. Если поэтому в его книге нет изложения современных теоретических представлений, то он все же доводит его до 1858 г., когда, по его мнению, сложились общие теоретические предпосылки для различных более поздних представлений. Таким образом, Копп заканчивает свою книгу взглядами, высказанными в 1858 г. Кекуле, Купером и Канниццаро. Даже конгресс в Карлсруэ, в котором Копп принимал активное участие, не находит отражения в его книге. Указывая, что незадолго перед выходом его книги появились посвященные той же теме книги Вюрца⁴⁷ и Ладенбурга⁴⁸, в которых изложение материала доведено до более позднего времени, Копп ограничивается замечанием, что в отношении рассматриваемого им времени его изложение несколько полнее.

Вероятно, отказ Коппа от второго издания «Истории химии» вызван был не только тем, что «лучшее — враг хорошего». Он не мог распутать клубок часто не совместимых друг с другом, во многом еще не устоявшихся и ему, воспитаннику либиховской школы, по сути чуждых теоретических представлений. Кроме того, для него, по-видимому (и это чувствуется в рассматриваемой монографии), было нелегко переработать для своей новой истории химии не только теоретический, но и с огромной быстротой накапливавшийся после создания структурной теории эмпирический материал в области органической химии*. Можно сказать, что именно по этим причинам с точки зрения последовательного проведения его же, Коппа, принципов написания истории химии рассмотренная монография была шагом назад по сравнению с «Историей химии» 1843—1847 гг.

* Доказательством этого может, пожалуй, служить его замечание, что «в химии еще не создано теории, которая исходя из определенного принципа могла бы попытаться удовлетворительным образом вывести все опытные результаты как необходимое его следствие» [80, с. 844]. И это сказано тогда, когда структурная теория в органической химии уже доказала, что она (если заменить слово «все» на «огромное большинство») является такой теорией.

Две первые части этой работы, имеющие общую нумерацию и общие указатели, Копп опубликовал в 1869 г. Очевидно, подготовка монографии, рассмотренной выше, задержала публикацию третьей части, которая появилась в 1875 г., хотя по содержанию примыкает близко к двум первым. В предисловии к первой части Копп писал: «Для «Истории химии», опубликованной в 1843—1847 гг., я использовал доступные мне тогда источники и исторические сочинения других авторов. В последующие годы о многом я получил лучшее или более полное представление, в том числе и относительно наиболее темной части истории химии — самом раннем времени, когда химия следовала в алхимическом направлении (*in der Richtung als Alchemie betrieben wurde*)» [78, с. V]. Это время греко-египетской химии и алхимии, предшествовавшей арабской и западноевропейской алхимии. Прекрасное знание греческого и латинского языков позволило Коппу за двадцать лет, прошедших между изданиями «Истории химии» и «Материалов к истории химии», провести много изысканий, которые, однако, сохраняли фрагментарный характер и в таком виде и были им опубликованы.

Современную химию Копп сравнивает со зданием, над возведением которого трудились столетиями. «Старательно и уверенно работают наверху этого здания и сами участники работы охотно расхваливают его как современное и элегантное... Однако глубоко внизу, в темных подвалах, куда не проникает больше шум от нынешней работы, находят развалины и осколки камней, о которых трудно сказать, служили ли они частями старых построек или попали сюда случайно. На камнях старой кладки обнаруживаются надписи, с трудом понимаемые и заставляющие сомневаться, были ли они вырезаны на камнях уже во время возведения постройки или их начертали чьи-то руки позднее. К какой эпохе относятся эти каменные стены, которые по меньшей мере в течение длительного времени служили фундаментом нашей науке? Каков возраст и смысл тех надписей?» [78, с. 3]. Однозначного и уверенного ответа на эти вопросы, когда это касается алхимии или вообще, если так можно сказать пражимии, дать обычно нельзя. В литературе бытуют противоречивые точки зрения, некоторые из них, высказываемые достаточно авто-

B E I T R Ä G E

Z U R

GESCHICHTE DER CHEMIE.

V O N

HERMANN KOPP.

MIT EINER TAFEL

BRAUNSCHWEIG,

DRUCK UND VERLAG VON FRIEDRICH VIEWEG UND SOHN.

1869.

*Титульный лист книги Г. Коппа «Материалы к истории химии»
(ч. I, 1896)*

ритетно, однако, как показывает Копп на примерах, не выдерживают критики при сопоставлении с изученными им первоисточниками. Разработке истории этой ранней эпохи в развитии химии, а тем самым и самой истории химии и должны помочь, по замыслу Коппа, его «Материалы», представляющие собой собрание историко-химических эссе, снабженных очень солидным научным аппаратом. Из многочисленных ссылок на других авторов Копп из историков химии, своих предшественников, чаще всего упоминает Боррихиуса⁴⁹ и Хёффера.

Первая часть «Материалов» открывается статьей «Легенды и мнения о происхождении алхимии и ранних алхимических знаниях». Эта статья, как большинство других, относится к истории греко-египетской алхимии. Но в первой части «Материалов» есть также статьи, посвященные значению и происхождению слова «химия» (Копп относит достоверные сведения о появлении этого слова или производных от него слов к IV в.). Несомненный интерес представляют статьи «К истории перегонки» и «Демокрит».

Вторая часть «Материалов» состоит из двух больших статей: «К изучению собрания греческих алхимических сочинений» и второй, представляющей, по сути, биографический словарь древних алхимиков. Кроме того, в этой части имеется статья, посвященная толкованию алхимических терминов и знаков.

В третьей части «Материалов» Копп уже выходит за рамки самого древнего периода в истории химии. Эта часть содержит фактически две монографии: «Взгляды на задачи химии и составные части веществ у выдающихся химиков от Гебера до Г. Э. Штала» и «Открытие состава воды». В обеих монографиях Копп обстоятельнейшим образом, с привлечением большого литературного материала, рассматривает неясные и спорные вопросы в истории химии. Первая из этих работ представляла для Коппа еще специальный интерес, поскольку подводила в конечном итоге к тому выводу о задачах химии и трактовке состава химических соединений, которого придерживался и сам Копп (см. с. 120).

Эта работа Коппа носит подзаголовок «Материалы к истории культуры». Первая часть — «Алхимия до последней четверти XVIII столетия», вторая — «Алхимия с последней четверти XVIII столетия».

В этой монографии Копп изложил результаты изучения истории алхимии со времени ее возникновения и до начала XIX в. включительно. Непосредственным импульсом для написания именно этой работы послужила имевшаяся в руках Коппа переписка «новых розенкрейцеров» — членов тайного общества масонского типа, возникшего в Германии в середине XVIII в. Почему алхимия волновала умы столь многих людей, от простых ремесленников до императоров и князей церкви, и даже имела своих большей частью скрытых адептов во времена Коппа — этот вопрос привлек его пристальное внимание. В 1880 г. он уже опубликовал небольшую работу «Золотая цепь Гомера», в которой сообщает о влиянии алхимических представлений на молодого Гёте. Вышедшая в 1886 г. двухтомная история алхимии как бы подводит итог этому направлению в работе Коппа. Конечно, Копп не мог продолжать заново всю работу по изучению первоисточников и поэтому в своей последней монографии он указывает в предисловии на «Историю химии» Гмелина и «Историю алхимии» Шмидера⁵⁰ как на более полные в источниковедческом отношении работы.

В первом томе монографии Копп рассматривает следующие вопросы: Значение алхимии для истории культуры. Возникновение алхимии и ее распространение в Европе. Представления об изготовлении философского камня и его свойствах. Вера в возможность искусственного получения золота. «Свидетельства» о действии философского камня на неблагородные металлы и человеческое тело. Рассказы об обогащении в результате занятий алхимией. Отношение князей и других высокопоставленных лиц к алхимии и алхимикам (приводятся многочисленные выдержки из документов и рукописей). «Юридическая» убедительность возможности облагораживания металлов и получения философского камня. Ошибочность мнения, что будто бы обнаружение фактов мошенничества со стороны алхимиков, за что они несли жестокие наказания, сколь-нибудь значительно поколебало веру в алхимию. Как показывает

Копп, вера в алхимию сохранилась у правителей, несмотря на то, что вместо обогащения она приносила им убытки, и всегда находились алхимики, которые, невзирая на опасные последствия, готовы были работать за счет таких правителей. Начало падения веры в алхимию — с XIV в., когда появились отдельные критические высказывания, хотя многие выдающиеся ученые продолжали оставаться ее приверженцами (приводятся, в частности, высказывания Ф. Бэкона, Спинозы, Лейбница). Продолжающееся падение веры в алхимию, связанное не только с тем, что накопилось достаточно случаев обнищания тех, кто пытался с ее помощью обогатиться, но и с все яснее вырисовывающимся противоречием между алхимией и научной химией. Факты свидетельствуют тем не менее, что и в XVIII в. еще нередко занимались алхимией на практике.

Во второй книге Копп много места уделяет истории розенкрейцеров и жизненным судьбам их отдельных представителей. Обращение розенкрейцеров к алхимии было связано как с их программным стремлением благодетельствовать человечество, так и с возрождением во второй половине XVIII в. веры в «тайные науки», к которым принадлежала и алхимия. Копп особенно подробно рассматривает алхимическую деятельность розенкрейцеров в Касселе в период около 1780 г. С их падением алхимия лишилась основной поддержки. Несмотря на это, еще в начале XIX в. были высказывания в духе алхимии о возможности превращения металлов друг в друга, изредка появлялась алхимическая литература, отдельные лица еще занимались алхимией практически и даже в начале последней четверти XIX в. вера в алхимию полностью еще не угасла.

И первая и вторая части работы Коппа содержат большие дополнения к отдельным местам основного текста, представляющие иногда самостоятельные эссе. Дополнения занимают почти половину второй части. Одно из них — о «герметическом обществе» [91, ч. 2, с. 290—303] — представляет собой выдержку из статьи Коппа 1847 г. [43а]. Другое называется «Материалы к библиографии алхимии» [91, с. 308—396], однако это не сухое библиографическое перечисление литературы, а связанное описание, раскрывающее многообразие и богатство ее содержания.

Как писал Копп в предисловии [91, с. VII], он убежден, что не все относящееся к истории алхимии имеет

DIE ALCHEMIE

IN

ÄLTERER UND NEUERER ZEIT.

EIN BEITRAG ZUR CULTURGESCHICHTE

VON

HERMANN KOPP.

ERSTER THEIL:

DIE ALCHEMIE BIS ZUM LETZTEN VIERTEL
DES 18. JAHRHUNDERTS.

HEIDELBERG.

CARL WINTER'S UNIVERSITÄTSBUCHHANDLUNG.

1886.

Титульный лист книги Г. Коппа «Алхимия в старое и новое время» (ч. I, 1886)

отношение к истории химии, и наоборот, хотя есть общее, что должно быть включено в начальную историю и той и другой. Затем дороги химии и алхимии разошлись, и они продолжали жить самостоятельной жизнью (пока алхимия не сошла полностью со сцены). «Уже долгое время алхимия не имеет для химии никакого значения, но выступает как распространенное и затяжное заблуждение в истории культуры» [94, с. VII].

Последователи Коппа

Копп был новатором в историографии химии в двух отношениях. Он впервые провел на практике принцип разделения истории химии на общую и специальную, решив таким образом проблему изложения большого и разнопланового материала в компактной форме. Копп, также впервые, в основу систематизации материала в общей истории химии (что косвенным образом находит отражение и в специальной истории химии) положил периодизацию истории химии, основанную на анализе поворотных моментов в ее собственном развитии, в отличие от своих предшественников, которые механически переносили на историю химии периодизацию, принятую для общей истории. Это не значит, конечно, что Копп исключил из истории химии влияние внешних факторов, таких, как социально-экономические условия, запросы практики или взаимодействие с другими науками, но влияние этих факторов преломляется у него, в виде некой равнодействующей, в истории самой химии.

Копп не был первым, кто занимался специальным исследованием по первоисточникам какого-либо направления или события в истории химии, но он дал пример образцовых исследований такого рода, и здесь следует в первую очередь, конечно, назвать его исследования истории алхимии как в ее истоках, так и ее самых поздних отголосков; более локальным по охваченному времени, но, может быть, не менее важным для истории химии было упомянутое ранее изучение Коппом того, как проходило установление состава воды. А сколько результатов таких исследований вошло в его «Историю химии» или монографию «Развитие химии в новое время» без всякого намека на то, что эти в полном смысле открытия в истории химии сделаны самим Коппом. Приведем один пример. Как со-

общает автор во второй из названных работ, впервые указание на то, что теория флогистона не подтверждается, а наоборот, противоречит фактам, было сделано Г. Ф. Штабелем [80, с. 53]. Как отметил М. ШпETER⁵¹, заслуга открытия этого первого примера «логического» (подразумевается — основанного на фактах, строгого), относящегося к 1728 г. опровержения теории флогистона принадлежит Коппу.

Настоящие историки химии или историки других наук — это те, кто работает как исследователи, кто не чуждается первоисточников, кто умеет применить давно известные методы источниковедения к их анализу, кто стремится к объективным выводам из имеющегося фактического материала, кто, наконец, способен систематизировать этот материал и обобщить свои выводы, не втискивая то и другое в искусственные схемы, а сообразуясь с целями и структурой самой химии и с их изменениями в различные периоды истории этой науки. Копп в этом отношении идеал историка химии*.

* Копп является идеалом историка химии и в другом отношении. Владея в совершенстве языками, он прочитывал в оригинале все, на что делал ссылки в своих трудах по истории химии и алхимии. Многие современные историки химии не всегда следуют этому правилу. Автор этих строк не раз получал от своих зарубежных коллег откровенные признания, что их знание русского языка близко к нулю. В результате работы русских химиков, если они не были продублированы на иностранных языках, игнорировались или представлялись в зарубежной историографии химии в искаженном виде, как это было до недавних пор с работами Бутлерова и его школы по теории химического строения. А между тем владение русским языком в объеме, позволяющем знакомиться с печатным текстом, — это профессиональный долг историков науки (в частности химии), занимающихся XIX и XX веками. В качестве примера можно привести выдержки из писем современного американского историка химии, опубликовавшего в конце 60 — начале 70-х годов несколько глубоких работ, основанных в значительной степени на изучении первичных и вторичных источников на русском языке. В начале своей научной деятельности он писал автору (Г. В. Быкову): «I have begun to study the Russian language and am finding it not such as difficult a chore as I had anticipated at first». И повно через год: «My Russian has now progressed to the point where I can read Russian literature and in fact have read a fair amount».

К сожалению, и на русском языке можно иногда встретить, например, публикации биографий иностранных химиков, написанные авторами, которые из-за незнания языка не прочитали в оригинале ни одной работы героев своих книг.

Многие историки химии шли по стопам Коппа, в первую очередь принимая его толкование задач химии в различные эпохи и вытекающую отсюда предложенную им периодизацию, а также заимствуя из его трудов собранный им добротный фактический материал. Далее мы коротко рассмотрим путь, пройденный историографией химии после Коппа, уделив больше всего внимания «английскому Коппу», прямому ученику и последователю немецкого историографа химии — Карлу Шорлеммеру.

Шорлеммер

Работы Шорлеммера как историка химии подробно рассмотрены Хайнигом⁵². Шорлеммер (1834—1893) слушал лекции Коппа в Гиссене, и Копп был руководителем его практических работ. В дальнейшем Шорлеммер стал известен своими исследованиями над предельными углеводородами. Последнее сообщение о своих экспериментальных работах он сделал в Лондонском королевском обществе в 1872 г. (Шорлеммер еще в 1859 г. переехал в Англию). В 1874 г. он занял созданную для него кафедру органической химии в Оуэнс-колледже (Манчестер) и после этого полностью посвятил себя педагогической и литературной деятельности.

Вскоре после переезда в Англию Шорлеммер знакомится с Ф. Энгельсом, а затем с К. Марксом, становится их идейным сторонником и одним из влиятельных деятелей социал-демократической партии Германии. Идейное влияние Маркса и Энгельса отразилось и в работах Шорлеммера по истории химии, в его стремлении трактовать факты из истории химии с позиций исторического материализма, в подчеркивании в большей степени, чем у Коппа, влияния практики или, шире, — запросов общества на развитие химии.

В 70-х годах Шорлеммер работает вместе с Роско над руководством по химии, которое известно также под кратким названием «Роско — Шорлеммер». В этом руководстве Шорлеммеру принадлежит вся часть, посвященная органической химии. Она начинается с пространного историко-химического введения, впрочем доведенного лишь до начала 60-х годов XIX в.⁵³ Хайниг ошибается, утверждая, что в учебных руководствах такое введение сделано впервые Шорлеммером. Такая традиция сущест-

вовала начиная с Бургава (1732), Валлериуса и некоторых других авторов учебников химии в XVIII в., а на рубеже XIX в. в первом томе десятитомной «Системы химических знаний» Фуркруа историко-химическое введение занимает значительное место, причем автор саму историю химии рассматривает как важную часть химической науки⁵⁴. В руководствах по органической химии Кекуле (1859) и Бутлерова (1864) имеются исторические очерки, органически связанные с содержанием вводных частей курса и служащие для лучшего понимания излагаемого в них (также отчасти в историческом аспекте) теоретического материала. Эта традиция стала, однако, затем затухать, и если в учебниках и появлялись исторические введения, то они представляли, скорее, формальную дань традиции и не служили задаче облегчить учащемуся понимание процесса возникновения современной ему области знания. Введение, написанное Шорлеммером, представляет собой не только возврат к этой традиции по существу, но в нем автор, выходя за рамки традиции, рассматривает эволюцию химической науки в связи с развитием технических, экономических, культурных и политических отношений в обществе.

В переработанном и расширенном виде это введение было издано отдельно под названием «Возникновение и развитие органической химии» (1879) на английском языке, в 1885 г. вышел французский перевод, затем появилось переработанное немецкое издание (в нем автор в нарушение всех обычаев ссылается на Гегеля и «Анти-Дюринг» Энгельса)⁵⁵, а в 1893 г. — второе, уже посмертное издание, с которого и сделан был русский перевод⁵⁶.

В истории органической химии Шорлеммер, пошел дальше Коппа, Хёффера, Вюрца и Ладенбурга в том отношении, что у него шире представлен фактический материал из истории органической химии и есть факты, относящиеся к 70-м годам XIX в., но Шорлеммер отличается от названных историков химии в первую очередь тем, что для него органическая химия «по своей природе, своим методам, проблемам и целям достаточно своеобразна для того, чтобы подвергнуться самостоятельному историческому описанию». Так формулирует Э. Гельт, видный историк органической химии начала XX в., новизну подхода Шорлеммера к истории органической химии. И Гельт

добавляет: «Я воспринял эту же точку зрения и попытался развить ее в настоящем труде»⁵⁷.

Надо, впрочем, отметить, что в этой работе Шорлеммер не пошел полностью по стопам Коппа: не попытался четко периодизировать историю органической химии, в результате чего его изложение приняло несколько бесструктурный характер*.

Немецкий перевод своей монографии Шорлеммер посвятил Коппу:

*Dem
grossen Geschichtschreiber der Chemie
Hermann Kopp
gewidmet
von
seinem dankbaren Schüler*

«Великому историографу химии... от признательного ученика»**.

О том, что это не просто дань уважения или даже вежливости бывшего ученика к прославленному мэтру, свидетельствует другая работа Шорлеммера по истории химии, оставшаяся в рукописи (на немецком языке). Эта рукопись, объемом около 2000 страниц, подробно описана Хайнигом (2-я часть) и Тэйхом⁵⁹ (1-я часть). Ее обычно

* Подробнее об этой монографии Шорлеммера — в работе «Историография органической химии»⁵⁸.

** Второе английское издание (и русский перевод его) заканчиваются у Шорлеммера цитатой из предисловия Коппа («знаменитого историка химии», как говорит о нем Шорлеммер) к монографии «Развитие химии в новое время». Она показывает, какое внутреннее удовлетворение Копп (и, вероятно, Шорлеммер тоже) получал от занятий историей химии: «Никому не суждено надолго наслаждаться успехами науки, которые принесет будущее. Алхимики прошлых веков пытались приготовить жизненный эликсир — средство, при помощи которого человек мог бы сохранить здоровье тела и духа в течение неограниченного времени. Мы не станем обсуждать здесь вопроса о том, насколько это могло бы быть благотворным для отдельной личности, ни также, насколько было бы полезно для науки, если бы одни и те же выдающиеся люди продолжали свои исследования неограниченное время. Труды алхимиков оказались тщетными; не в нашей власти присваивать себе опыты и результаты, которые может принести только будущее. Но в некотором смысле мы в состоянии продлить нашу жизнь назад, в прошлое, усваивая опыты тех, кто жил до нас, и знакомясь с их взглядами так, как если бы мы были их современниками. Средство для этого есть тоже эликсир жизни. Пусть же настоящая попытка содействовать достижению этой цели будет принята со снисхождением».

именуют «Историей химии», хотя рукопись никак не озаглавлена. Изложение в этой работе Шорлеммера доведено до конца XVII в. О замысле автора можно судить по введению, текст и фотокопию которого приводит Тэйх. Самое начало введения, где речь идет об отличии истории химии от истории других наук,— это прямая цитата из введения в «Историю химии» Коппа. Дальнейшая часть введения в рукописи Шорлеммера, где говорится об изменявшихся с течением времени задачах химии, а следовательно, и о различии того, что связывалось с наименованием «химия», написана по Коппу, причем дана ссылка на первую часть его «Истории химии». Затем следуют абзацы о происхождении химии, текстуально заимствованные Шорлеммером из его же монографии по истории органической химии. Заключительная часть введения посвящена периодизации истории химии: «Вместе с Германом Коппом мы делим ее историю на следующие части», и т.д.

И Хайниг, и Тэйх старательно отмечают все различия между подходом и формулировками Коппа и Шорлеммера, приписывая их различию в мировоззрении обоих историков химии. Хайниг, например, обращает внимание на то, что Шорлеммер не делит свою историю химии на общую и специальную, в том числе не выделяет направление, посвященное прикладным вопросам, а рассматривает все как бы связанным воедино⁶⁰. Однако речь идет об истории химии, изложение которой доведено до конца XVII в., а что было бы дальше? В истории органической химии Шорлеммер, наоборот, проводит членение ее по отдельным направлениям, и в его книге нет общей части, которая отвечала бы развитию органической химии в XIX в., что, конечно, можно объяснить лишь небольшим объемом всей работы. Таким образом, как по своему подходу к истории химии, так и по обстоятельности ее разработки (Хайниг приводит многочисленные примеры тому) Шорлеммер являлся прямым последователем и продолжателем Коппа.

Из этого следует, что противопоставление «буржуазного» историка химии Коппа историку химии с «пролетарским мировоззрением» Шорлеммеру не выдерживает критики *.

* Маркс и Энгельс были, конечно, в курсе работ Шорлеммера по истории химии и, по-видимому (а что касается Энгельса — несомненно), оказывали ему помощь советами и сами опирались на специальные знания своего друга-химика. После смерти

Другие историки химии XIX в.

Упомянутые труды по истории химии Вюрца и Ладенбурга написаны были с различными целями. Первый считал целесообразным дать историческое введение для редактировавшейся им химической энциклопедии. Но оно было посвящено истории теоретических представлений. Ладенбург предназначал издание своих лекций в качестве учебного пособия для студентов-химиков. Он также делает акцент на истории теоретических представлений и ограничивается периодом «за последние сто лет», считая до выхода в свет первого издания в 1869 г. Обе эти работы можно поэтому рассматривать как специальные истории химии, а именно истории теоретической химии. Таким образом, и Вюрц, и Ладенбург сосредоточили основное внимание на истории той части химии, которую, согласно Коппу, можно представить как непрерывную цепь логически связанных друг с другом звеньев. Изложение теоретических представлений в историческом аспекте представляется поэтому относительно более легким, чем других ветвей химии, а тем более их совокупности, и, вероятно, поэтому многие авторы пошли по пути Вюрца и Ладенбурга. Дальше мы такие работы рассматривать не будем.

Наиболее обстоятельным трудом по истории химии во второй половине XIX в. была «История химии от древнейших времен до настоящих дней» Э. фон Мейера, вышедшая первым изданием на немецком языке в 1889 г. и вторым — в 1895 г. С этого, второго, издания был выполнен русский перевод, который, как писал Д. И. Менделеев в предисловии к нему, он считает «чрезвычайно полезным для пополнения русской химической литературы и достойным полного внимания всех изучающих химию и желающих уловить связь современных химических представлений с постепенным изменением воззрений на природу вещества и его превращения. Знакомство с историей современной химии неизбежно необходимо не только для специалистов по этому предмету, но и для всех тех, кому желательно

Шорлеммера Энгельс предпринял шаги, чтобы опубликовать его рукопись по истории химии, предложив для нее название «Историко-химические исследования (или материалы) из рукописного наследия К. Шорлеммера (Forschungen (oder Materialien) zur Geschichte der Chemie aus dem handschriftlichen Nachlaß C. Schorlemmer)»⁶¹. Эта идея, однако, не была осуществлена,

уразуметь эволюцию мысли естествоиспытателей нашего времени в отношении ко всему природному...»⁶².

В предисловии к первому изданию⁶³ Э. Мейер упоминает лишь об «обширных трудах» Коппа и в первую очередь о его «классическом труде» «История химии», а также еще и об «Истории химии» Хёффера. Оправдание в том, что появилась новая книга такого же типа, Мейер видит в своем стремлении «по мере сил и возможностей содействовать выяснению спорных взглядов на развитие и значение современных химических учений» (напомним, что Мейер был последователем (и зятем) Кольбе, взгляды которого Ладенбург и другие представители враждебного ему лагеря выставляли в не вполне объективном освещении). Мейер, несмотря на трудности в рассмотрении современных представлений, все же «решился довести историю науки до настоящих дней». В этом отношении он был последователем Коппа — автора «Истории химии» 40-х годов, но не автора «Развития химии в новое время» 1873 г. Но еще в большей степени Мейер выступает последователем Коппа в периодизации и структуризации истории химии. Его периодизация: 1) древнейший период до появления алхимии, 2) период алхимии, 3) ятрохимический период, 4) период теории флогистона и 5) новое время: от Лавуазье до наших дней, причем выделяется специальный раздел «Развитие химии под влиянием учения об атомности за последние 40 лет» — раздел, который, конечно, не мог появиться в «Истории химии» Коппа. Как видим, кроме этого необходимого добавления, периодизация Мейера полностью совпадает с периодизацией Коппа.

Так же как и Копп, Мейер разделяет историю химии на «Общее изложение», где он стремится «дать наглядное, живое представление о характере и своеобразии каждого периода», включая подробную характеристику жизни и деятельности крупнейших химиков, и «Специальную историю отдельных отраслей химии от Лавуазье до наших дней». В этой части обращает на себя внимание раздел, посвященный истории технической химии, в которой впервые в историко-химической литературе рассматривается в историческом аспекте развитие химической промышленности — этого «детинства нового времени. Ее развитие идет рука об руку с разработкой чистой химии»⁶⁴. Собственно, это развитие на современном Мейеру уровне того раздела истории химии, который у Коппа носил название «История прикладной химии».

Историки химии XX в.

Прежде чем говорить об историках химии широкого плана, следует заметить, что Копп в лице очень плодovitого и скрупулезного, а в то же время относительно мало известного у нас историка химии Эдмунда Оскара фон Липпмана (1857—1940) нашел продолжателя в изучении истории алхимии. Трехтомник Липпмана «Возникновение и развитие алхимии»⁶⁵ вместе с рассмотренными выше трудами Коппа составляют то прочное ядро в историографии алхимии, без основательного знакомства с которым не возможна никакая серьезная работа в этой области.

Из трудов по истории химии широкого плана мы рассмотрим три, относящиеся к середине XX в. Материал по истории химии к этому периоду необычайно вырос по сравнению со временами Коппа. Поэтому представляет интерес не только то, в чем историки химии XX в. шли по пути Коппа, но и в чем они пошли дальше него.

Наиболее близок к Коппу итальянский историк химии М. Джуа, русский перевод «Истории химии» которого вышел двумя изданиями⁶⁶. Собственно, еще ближе Джуа к Э. Мейеру, «Историю химии» которого он перевел в 1915 г. на итальянский язык. Периодизация Джуа такова: 1) пред-алхимический период, 2) алхимический период, 3) период объединения химии, куда входят подпериоды: ятрохимия, пневматическая химия, теория флогистона и подпериод антифлогистической системы, 4) период количественных законов — первые 60 лет XIX в. и 5) современный период, с 60-х годов XIX в. до наших дней. В этой периодизации по сравнению с периодизацией Коппа и Мейера намечается «сжатие» нескольких послеалхимических периодов в один — консолидации, или становления (у Джуа — объединения — *unificazione*) научной химии, пока еще не полностью осуществленное вследствие выделения подпериодов, которым отведено в книге Джуа по главе. Вторая особенность периодизации Джуа — выделение «современного периода», распространяющегося на целое столетие, полное глубоких изменений в науке. У Джуа нет главы, посвященной, так сказать, общей истории этого периода, и поэтому он не сталкивается с трудностями, связанными с отсутствием более дробного членения этого периода. К тому же Джуа, за исключением главы, посвященной ядерной химии и физике, фактически доводит свое

изложение лишь до начала XX в. Таким образом, почти половину его книги занимает специальная история химии в «современный» период, т. е. рассмотрение отдельных направлений ее развития: структурной теории и стереохимии, периодического закона, органического синтеза, физической химии и некоторых других.

Особенность книги Джуа, опять-таки по сравнению с Коппом, в большом числе ссылок на первоисточники (в этом отношении пример подал еще Ладенбург) и вторичные источники — специальные исследования других историков химии. По способу включения довольно обильного биографического материала Джуа скорее напоминает Мейера, чем Коппа, так как этот материал рассеян по всем главам.

Другую тенденцию в развитии историографии химии отражает монография Айда⁶⁷, предназначенная служить в качестве учебного пособия для студентов американских университетов и колледжей. В ней времени, предшествующему Лавуазье, отведено менее 8% основного текста. Следующий «период фундаментальных теорий» начинается с Лавуазье и захватывает практически весь XIX в. Затем наступает «век электрона» — XX век. Изложение материала внутри этих периодов построено так, что оно почти полностью подходит под определение «специальная история химии» по Коппу: имеются главы «Лавуазье и химическая революция», «Химическое соединение и атомная теория» и т. п., по несколько глав отведено органической, аналитической, неорганической, физической, биологической химии, две главы — радиохимии. Большое место в книге Айда отведено промышленности химии (а таких глав три из 27), но и в других главах заметно его постоянное стремление связать историю химии с событиями общей истории, истории экономического и технического развития отдельных государств и в меньшей степени с историей культуры. Биографический материал вкраплен в основной текст. Библиографические ссылки к основному тексту даны очень бедно, а для большинства параграфов вообще отсутствуют, но — и в этом отличие книги Айда — впервые приведена обширная, тематически, по главам сгруппированная библиография по истории химии.

И в книге Айда, и в книге Джуа ощущается отсутствие главы, посвященной общей характеристике истории химии в XIX и XX в., т. е. отсутствие того, что можно назвать, по Коппу, «общей историей химии».

Монументальный труд Партингтона, его четырехтомная история химии⁶⁸, достаточно известна. Правда, первый том опубликован посмертно и вышла лишь его первая часть, посвященная философским представлениям древних о проблемах, вошедших затем в компетенцию химии. Из изданных самим Партингтоном трех томов второй том охватывает два столетия — XVI и XVII вв., третий — одно столетие — XVIII в. и четвертый — примерно полтора столетия — XIX и часть XX в. Материал подсказывал автору его распределение: то в основу рубрикиции кладется какое-либо направление в развитии химии, а биографический и географический момент занимает подчиненное положение, то на первое место в главе выдвигается личность крупного ученого, то рассматривается развитие химии в той или иной стране. После Хёффера и Кюппа, как отмечает С. А. Погодин⁶⁹, еще «не появлялось ни одного подробного труда по истории химии в целом, основанного на изучении первоисточников».

Это «труд автора, который изучил, пересмотрел и критически переосмыслил огромную, почти необъятную химическую литературу XVI—XVIII вв.» Что же касается четвертого тома, то первая половина XIX в. описана в нем на том же уровне, что и предшествующие столетия, но материал по истории химии второй половины XIX в., а тем более XX в. автором, видимо, не был должным образом переработан — изложение скомкано, страдает неточностями, многие важные моменты в истории химии оказались упущенными.

Однако в целом работа Партингтона представляется грандиозным предприятием. По своему характеру ее следует отнести к специальной истории химии, хотя по системе изложения она подходит, как отмечает С. А. Погодин, больше к биобиблиографическому справочнику, в котором центр тяжести ложится на указатели. Поскольку автор умышленно, по его словам, «фоновые» сведения о влиянии на историю химии событий мировой истории, в том числе и экономического ее аспекта, оставляет в стороне, особая необходимость чувствуется в создании общей истории химии, органически связанной с содержанием вышедших томов «Истории химии» Партингтона.

Рассмотренные три «большие» истории химии, написанные в относительно недавнее время, характеризуют три типа таких работ, три их направленности или три тенден-

ции их авторов. Эти три типа можно условно назвать культурно-просветительным», «учебным» и «справочным».

«Культурно-просветительная» тенденция возникла до Коппа, она нашла яркое выражение у Троммсдорфа и Хёффера, хотя и не была чужда самому Коппу. В таком духе, как это хорошо видно из цитированного выше предисловия Менделеева, написана была история химии Э. Мейера. В XX в., кроме Джуа, представителем этой тенденции можно назвать бельгийского историка химии Делякра⁷⁰, из историков органической химии — Гельфта и Гребе⁷¹.

«Учебная» традиция писать историю химии так, чтобы она могла служить учебным пособием для учащихся в высших учебных заведениях, берет свое начало от Коппа, в какой-то мере в духе этой традиции составлены «Лекции по истории химии» Ладенбурга. К этой традиции примыкают история органической химии Шорлеммера и история теоретической химии Н. А. Меншуткина⁷². В XX в. ярким выразителем этой тенденции служит рассмотренная книга Айда, хотя, повторяем, если бы в этой книге имелось нечто аналогичное «Общей истории химии» Коппа, она, вероятно, еще лучше отвечала бы своей цели.

И наконец, примером «справочной» истории химии может служить труд Партингтона. Соответствующая традиция возникла еще в те далекие от нас времена, когда стремились к энциклопедичности знаний и исчерпывающей полноте обработки каждой области науки. В истории химии эта тенденция берет свое начало в книгах Виглеба и еще в большей степени в «Истории химии» Гмелина. В XIX и особенно в XX в. она представлена не широкими полотнами, хотя и здесь можно назвать, например, «Историю органической химии» Вальдена⁷³, а монографиями, посвященными разработке отдельных локальных областей истории химии, подобно тому, как это было сделано в свое время Коппом относительно истории алхимии.

Из этих трех направлений «учебное» привлекает к себе меньше всего историков химии. В какой-то степени это связано с тем, что преподавание истории химии, кроме, может быть, США, все еще остается «Золушкой» в учебных программах даже педагогических вузов, где оно особенно необходимо. Но одной из причин этого является отсутствие добротных, добросовестно и со знанием дела написанных учебных руководств по истории химии. И вот здесь-то

возрождение традиции, берущей свое начало от Ковча, крайне желательно.

Можно предвидеть, что в будущем в результате увеличения (по экспоненциальному или другому аналогичному закону) фактического и теоретического материала химии написание учебников для вузов химического профиля без превышения допустимого объема станет возможным лишь при одном условии. Условие это состоит в том, что собственно *учебники* будут представлять собой «основы», или «начала», данной химической дисциплины, отражающие ее уровень развития и состояние в самый последний момент времени, а наряду с такими учебниками будут существовать в качестве *учебных пособий* исторические введения в курс той же дисциплины. Таким образом, учебник даст современный «срез» науки в статике, тогда как показать динамику и диалектику ее развития будет задачей учебных пособий, написанных в историческом аспекте и по своим временным рамкам непосредственно примыкающих к учебникам. Таково, вероятно, оптимальное решение проблемы учебной химической литературы в будущем.

Литература

Глава I

Жизненный путь

1. Neues elegantestes Conversations — Lexicon für Gebildete aus allen Ständen. O. Woif (Hrsg.). Leipzig, 1835, S. 238—239.
2. *Ruska I.* Hermann Kopp. Historian of Chemistry.— J. Chem. Educ., 1937, v. 14, p. 3.
3. *Speter M.* Vater Kopp.— Osiris, 1938, v. V, p. 392—460.
4. *Kopp I.* Grundriss der chemischen Analyse mineralischer Körper. Frankfurt a. M., 1805.
5. *Thorpe T.* Hermann Kopp.— Nature, 1892, v. 45, p. 441.
6. *Ruska I.* Op. cit., p. 4.
7. *Schmieder K.* Geschichte der Alchemie. Halle, 1832.
8. Цит. по *Hofmann A. W.* Nachruf auf Hermann Kopp.— Berichte der Deutsche Chemische Gesellschaft (Ber.), 1892, Bd 25, S. 508.
9. Цит. по: *Мусабеков Ю. С.* Юстус Либих. М., Изд-во АН СССР, 1962, с. 147.
10. Там же.
11. Там же, с. 148.
12. *Hofmann A. W.* Op. cit., S. 509.
13. Ibid., S. 510.
14. *Thorpe T.* Op. cit., p. 442.
15. *Speter M.* Op. cit., p. 404.
16. Ibid., p. 405.
17. *Hofmann A. W.* Op. cit., p. 511.
18. Цит. по: *Speter M.* Op. cit., S. 402.
19. Ibidem.
20. Ibidem.
21. Цит. по: *Мусабеков Ю. С.* Указ. соч., с. 38.
22. Цит. по: Научное наследство, т. IV. М., Изд-во АН СССР, 1961, с. 144.
23. *Thorpe T.* Kopp memorial lecture.— J. Chem. Soc., 1893, v. 63, p. 778.
24. Научное наследство, т. IV, с. 144.
25. Цит. по: *Speter M.* Op. cit., S. 442—443.
26. Ibid., S. 397.
27. Ibid., S. 413.
28. Ibidem.
29. Курс физической химии. Под ред. Я. И. Герасимова, т. I. М., «Химия», 1970, с. 12.
30. Цит. по: *Speter M.* Op. cit., S. 413.
31. Ibid., S. 414.
32. Ibid., S. 441.
33. Ibid., S. 405.

34. См.: Энциклопедический словарь, т. 8. СПб., 1893, т. 245.
35. *Speter M.* Op. cit., S. 416.
36. Ibidem.
37. Ibidem.
38. Ibid., S. 409.
39. *Hofmann A. W.* Op. cit., S. 512.

Г л а в а II

Проблема состав — свойство

1. *Менделеев Д. И.* Сочинения, т. I. Л., ОНТИ, 1937, с. 315.
2. Там же, с. 141.
3. См.: *Быков Г. В.* Амедео Авогадро. М., «Наука», 1970, с. 33.
4. *Le Royer A., Dumas J. B.* Essai sur le volume de l'atome des corps.— J. Phys., 1821, t. 92, p. 401—411.
5. *Herapath W.* Contributions to our Knowledge of Chemical Bodies.— Phil. Mag., 1824, v. 64, p. 321—329.
6. Ibid., p. 323.
7. *Менделеев Д. И.* Указ. соч., с. 141.
8. Там же, с. 199.
9. Там же, с. 200.
10. Там же, с. 198—199.
11. *Mitscherlich E.* Phil. Mag., 1841, v. 18, p. 255.
12. *Менделеев Д. И.* Указ. соч., с. 202—203.
13. Там же, с. 204.
14. Там же, с. 206.
15. *Schröder H.* Allgemeine Begründung der Volumtheorie oder der Lehre von den Aequivalent-Volumen.— Pogg. Ann., 1840, Bd 49, S. 553—604.
16. *Ammermüller J.* Ueber eine Gesetzmässigkeit im specifischen Gewichte, welche bei Verbindungen einfacher Körper untereinander nach multiplen Verhältnissen stattfinden.— Pogg. Ann., 1840, Bd 49, S. 341—358.
17. *Schröder H.* Ueber die Ausdehnung der Körper durch die Wärme. Ein weiterer Beitrag zur Volumentheorie.— Pogg. Ann., 1841, Bd 52, S. 282—291.
18. *Watts J.*— Trans. Roy. Soc., 1880, v. 37, p. 102.
19. *Wilson E.* The Molecular Volume of Solids.— Proc. Roy. Soc., 1881, v. 32, p. 457—491.
20. *Менделеев Д. И.* Указ. соч., с. 206.
21. Там же, с. 209.
22. Там же, с. 210.
23. Там же, с. 211.
24. Там же, с. 212.
25. Там же, с. 211.
26. Там же, с. 212.
27. Там же.
28. *Schröder H.* Die Molecularvolumen der chemischen Verbindungen in festen und flüssigen Zustände. Mannheim, 1843.
29. *Менделеев Д. И.* Указ. соч., с. 213—214.
30. Там же, с. 214.
31. *Schröder H.* Ueber die Ausdehnung der Körper durch die Wärme. Ein weiterer Beitrag.— Pogg. Ann., 1841, Bd 52, S. 288.
32. *Менделеев Д. И.* Указ. соч., с. 214.

33. *Van Laar I. I. I. D. Van-der-Waals.*— In: Die Mannen en vrouwen von beteekenis in onze dagen, Bd 31, 1900, S. 87—138.
34. *Менделеев Д. И.* Указ. соч., с. 220.
35. *Меншуткин Н. А.* Очерк развития химических воззрений. СПб., 1887, с. 341.
36. *Thorpe T.* Kopp memorial lecture.— J. Chem. Soc., 1893, v. 63, p. 807.
37. *Buff H.* Ueber eine Beziehung des Gesetzes der multiplen Proportionen zu dem specifischen Volumen.— Lieb. Ann., 1865—1866, Suppl, Bd S. 129—167.
38. *Меншуткин Н. А.* Указ. соч., с. 209—210.
39. *Менделеев Д. И.* Указ. соч., с. 217.
40. *Horstmann A.* Ueber die Vergleichbarkeit flüssiger Verbindungen in Bezug auf ihr Volum bei den Siedepunkten und bei anderen Temperaturen.— Ber., 1886, Bd 19, S. 1579—1595.
41. *Меншуткин Н. А.* Указ. соч., с. 343.
42. *Путилов К. А.* Термодинамика. М., «Наука», 1971, гл. 8; *Быков Г. В.* История органической химии. М., «Химия», 1976, с. 328—329.
43. *Менделеев Д. И.* Указ. соч., с. 226.
44. *Jungfleisch E.* Sur quelques relations entre les points de fusion, les points d'ébullition, les densités et les volumes spécifiques.— Compt. rend., 1867, t. 64, p. 911—914.
45. *Thorpe T.* On the Relation between the Molecular Weights of Substances and their Specific Gravities when in the Liquid State.— Trans. Roy. Soc., v. 37, p. 141—327.
46. *Schiff R.* Ueber die Molecularvolumina flüssiger Substanzen.— Lieb. Ann., 1883, Bd 220, S. 71—113, 278—334.
47. *Lossen W.* Untersuchungen über die physikalischen Eigenschaften flüssiger Verbindungen. Formeln zur Berechnung der Molecularvolumina organischer Verbindungen.— Lieb. Ann., 1889, Bd 254, S. 42—83.
48. *Меншуткин Н. А.* Указ. соч., с. 342.
49. *Partington J. R.* An Advanced Treatise in Physical Chemistry, v. 2. London, 1951, p. 20.
50. *Быков Г. В.* Указ. соч., с. 342.
51. *Thorpe T.* Ibid., p. 811—812.
52. *Schorlemmer C.* On the Normal Paraffins.— Phil. Trans., 1872, v. 162, p. 111—123.
53. *Linnemann E.* Ueber Siedepunkts-Differenzen.— Lieb. Ann., 1872, Bd 162, S. 39—43.
54. См.: *Thorpe T.* Ibid., p. 795.
55. Ibidem.
56. См.: *Дорфман Я. Г.* Лавуазье. 2-е изд. М.— Л., Изд-во АН СССР, 1962, с. 257—261.
57. *Дальтон Дж.* Сборник избранных работ по атомистике. Л., Госхимиздат, 1940, с. 18.
58. См.: *Льоци М.* История физики. М., «Мир», 1970, с. 227.
59. См.: *Быков Г. В.* Указ. соч., с. 108.
60. Там же, с. 104—108.
61. *Dulong P., Petit A.* Recherches sur quelques points importants de la théorie de la chaleur.— Ann. chim. phys., 1819, v. 10, p. 395—413.

62. Цит. по кн.: *Быков Г. В., Крицман В. А.* Станислао Каницца-ро. Очерк жизни и деятельности. М., «Наука», 1972, с. 65.
63. *Dulong P.* Recherches sur la chaleur spécifique des fluides élastiques.— *Ann. chim. phys.*, 1829, v. 41, p. 113—159.
64. Цит. по кн.: *Соловьев Ю. И.* Очерки по истории физической химии. М., «Наука», 1964, с. 131.
65. *Джуа М.* История химии, 2-е изд. М., «Мир», 1975, с. 195.
66. *Neumann F.* Untersuchung über die specifische Wärme der Mineralen.— *Pogg. Ann.*, 1831, Bd 23, S. 31.
67. *Avogadro A.* Recherches sur la chaleur spécifique des corps solides et liquides.— *Ann. chim.*, 1833, t. 55, p. 80—111.
68. *Joule J.* On Specific Heat.— *Phil. Mag.*, 1844, v. 25, p. 334—337.
69. *Хвольсон О. Д.* Курс физики, т. III, 4-е изд. Пг., 1919, с. 204—208.
70. *Меншуткин Н. А.* Указ. соч., с. 298.
71. *Nilson L., Peterson O.* Ueber das Atmogewicht und die wesentlichen Eigenschaften des Berylliums.— *Ber.*, 1880, Bd 13, S. 1451—1459.
72. *Weber H.* Die specifischen Wärmen der Elemente Kohlenstoff, Bor und Silicium.— *Pogg. Ann.*, 1875, Bd 154, S. 367—423, 553—582.
73. *Меншуткин Н. А.* Указ. соч., с. 299.
74. Там же.
75. *Менделеев Д. И.* Растворы. Серия «Классики науки». М., Изд-во АН СССР, 1959.
76. *Kupfer A. Th.* Note sur la pesanteur spécifique des alliages et leur point de fusion.— *Ann. chim. phys.*, 1829, v. 11, p. 285—302; см. также: История Академии наук СССР, т. II, 1803—1917. М.—Л., «Наука», 1964, с. 77—78.
77. *Меншуткин Б. Н.* Пятидесятилетие эвтектики.— *Металлург*, 1934, № 7, (57), с. 3—8.
78. *Курнаков Н. С.* Равновесие в системе вода — уксусный ангидрид.— *ЖРФХО*, 1918, т. 50, с. 157—159; Избранные труды, т. I. М., Изд-во АН СССР, 1960, с. 52, 463—464.
79. Цит. по кн.: *Аносов В. Я., Погодин С. А.* Основные начала физико-химического анализа. М., Изд-во АН СССР, 1947, с. 531.
80. *Курнаков Н. С.* Особые точки Д. И. Менделеева в учении о растворах (Сообщение на юбилейном заседании Института истории науки и техники, посвященном 25-летию со дня смерти Д. И. Менделеева). Избранные труды, т. I, с. 168.
81. *Курнаков Н. С.* Сингулярные точки химических диаграмм.— Избранные труды, т. I, с. 50.
82. См.: *Аносов В. Я., Погодин С. А.* Указ. соч., с. 295—297, 299, 320—321.
83. Цит. по кн.: *Вальден П. И.* Теории растворов в их исторической последовательности. Пер. Н. П. Страхова. Пг., Химтехиздат, 1921, с. 107.
84. *Соловьев Ю. И.* История учения о растворах. М., Изд-во АН СССР, 1959, с. 33.
85. См.: *Thorpe T.* Op. cit., p. 789.
86. *Быков Г. В.* История органической химии. М., «Химия», 1976, с. 159—163, 326—327, 329—341.
87. *Быков Г. В.* Амедео Авогадро, с. 115—116.

Глава III

История химии

1. Менделеев Д. И. Основы химии. 8-е изд. СПб., 1906, с. 405.
2. Быков Г. В., Крицман В. А. Станислао Канниццаро. Очерк жизни и деятельности. М., «Наука», 1972, главы II и III.
3. Быков Г. В. История электронных теорий органической химии. Под ред. Н. А. Домнина. М., Изд-во АН СССР, 1963, глава VI.
4. Ostwald W. Lebenslinien. Eine Selbstbiographie, Т. 2. Berlin, 1927, S. 167.
5. Teaching the History of Chemistry. A Symposium. G. B. Kauffman (Ed.). Budapest, Akad. Kiadó, 1971, 222 p.
6. Bent H. A. Uses of the Past [5, p. 124—147].
7. Hein G. E. Let us not Teach the History of Chemistry [5, p. 39—44].
8. Потапов В. М. Анализируя учебники по органической химии.— Вестн. высш. школы, 1972, № 10, с. 90.
9. Кричевский И. Р. Понятия и основы термодинамики. 2-е изд. М., «Химия», 1970, 439 с.
10. Путилов К. А. Термодинамика. М., «Наука», 1971, 375 с.
11. Ihde A. J. The Development of Modern Chemistry. N. Y., Harper and Row, 1964. 851 p.
12. Strube W. Der Beginn der Chemiegeschichte im 18. Jahrhundert in Deutschland.— Beiheft zur Schriftenreihe NTM. Leipzig, Teubner, 1964, S. 154—163. Эта работа посвящена Вирлебу.
13. Strube W. Zur Entstehung und Bedeutung von Johann Friedrich Gmelins Werk «Geschichte der Chemie».— NTM, 1967, 1. Jg., H. 10, S. 128—137.
14. Strube W. Zur Geschichtsauffassung Johann Bartholomäus Trommsdorffs und Hermann Kopps.— Wiss. Z. Techn. Hochsch. Chem. Leuna — Merseburg, 1963, Bd 5, H. 4, S. 377—378.
15. Weyer J. Neue Konzeptionen der Chemiegeschichte im 19. Jahrhundert: Trommsdorf, Hoefer und Kopp.— Rete, 1971, Bd 1, S. 33—50.
16. Weyer J. Chemiegeschichte im 19. und 20. Jahrhundert.— Sudhoffs Arch., 1973, Bd 57, H. 2, S. 171—194.
17. Weyer J. Chemiegeschichte von Wiegleb (1790) bis Partington (1970); Eine Untersuchung über ihre Methoden, Prinzipien und Ziele. Holdesheim, 1973. С этой монографией, которая отсутствует в наших библиотеках, ознакомиться автору этой главы не удалось.
18. Погодин С. А. Периодизация общей истории химии в литературе XVIII — XX вв.— Вопросы истории естеств. и техн., 1968, вып. 24, с. 32—40.
19. Borrichius O. De ortu et progressu Chemiae. Dissertatio. Hafniae, 1668.
20. Wiegleb J. C. Geschichte des Wachstums und der Erfindungen in der Chemie in der ältesten und mittlern Zeit. Berlin — Stettin, 1792, 260 S.
21. Wiegleb J. C. Geschichte des Wachstums und der Erfindungen in der Chemie in der neueren Zeit, Bd 1—2. Berlin — Stettin, 1790—1791.

22. *Wiegleb J. C.* Historisch-kritische Untersuchung der Alchemie. Weimar, 1777. Neue Aufl. Leipzig, Zentral-Antiquariat der DDR, 1965. Ни с одним из этих двух изданий автору ознакомиться не удалось.
23. *Schimank H.* Der Chemiker im Zeitalter der Aufklärung und Empire (1720—1820).— In: Der Chemiker im Wandel der Zeiten. Skizzen zur geschichtlichen Entwicklung des Berufsbildes.— E. Schmauderer (Hrsg.). Weinheim, Verl. Chemie, 1973, S. 207—258.
24. *Gmelin J. F.* Geschichte der Chemie seit dem Wiederaufleben der Wissenschaften bis an das Ende des achtzehnten Jahrhunderts. Bd 1. Bis nach der Mitte des siebenzehnten Jahrhunderts. VIII+777 S.; Bd 2. Bis gegen das letzte Viertel des achtzehnten Jahrhunderts, 790 S.; Bd 3. Bis letzte Jahrzehnte des achtzehnten Jahrhunderts, 1288 S.+Register 96 S. Göttingen, 1797, 1798, 1799.
25. *Лукиан из Самосаты. Избранное.* Пер. с древнегреч. М., 1962, 419 с. См. также: *Дорфман Я. Г.* О задачах и путях изучения истории науки.— Вопросы истории естеств. и техн., 1968, вып. 24, с. 26—31. См. с. 28.
26. *Tromsdorff I. B.* Taschenbuch für Aerzte, Chemiker und Pharmazeutiker auf das Jahr 1803 [1804, 1805]. Erfurt, Hennig, 1803 [1804, 1805].
27. *Trommsdorff I. B.* Versuch einer allgemeinen Geschichte der Chemie. Erfurt, Hennig, 1806; Neue Aufl. Leipzig, Zentral-Antiquariat, 1965. Обращает на себя внимание различие в транскрипции фамилии автора в этом и предшествующем издании. В переиздании 1965 г. приведены также тексты предисловий к историко-химическим статьям в [26] за 1803, 1804 и 1805 гг. Переизданию предпослана статья В. Штрубе. В дальнейшем цитируется это последнее издание.
28. См. [27, предисловие 1803 г., с. III].
29. См. [27, предисловие 1804 г., с. II].
30. *Thomson T.* The History of Chemistry, v. 1, London, Colburn and Bentley, 1830, VI+349 p.; v. 2, 1831. 325 p.
31. *Ibid.*, v. 2, p. 309.
32. *Hoefler F.* Histoire de la chimie depuis les temps les plus reculés jusqu'à notre époque, t. 1—2. Paris, 1842—1843; 2-é ed. Paris, t. 1, 1866; t. 2, 1869. Далее цитируется 1-е издание.
- 32a. *Ibid.*, t. 1, p. VI.
- 32b. *Ibid.*, p. V.
33. *Ibid.*, p. VIII—IX.
34. *Ibid.*, p. IX.
35. *Ibid.*, p. 2.
36. *Ibid.*, t. 2, p. VI.
37. *Ruska J.* Hermann Kopp, Historian of Chemistry.— J. Chem. Educ., 1937, v. 14, N 1, p. 3—11.
38. *Weyer J.* [15, S. 49].
39. *Погодин С. А.* [18, с. 35].
40. *Weyer J.* [15, S. 47].
41. *Lippmann E. O von.* Hermann Kopp als Historiker.— In: Beiträge zur Geschichte der Naturwissenschaften und der Technik, Bd 2. Weinheim, Verl. Chemie, 1953, S. 315—318.
42. *Gmelin L.* Handbuch der theoretischen Chemie, Bd. 1—2. Frankfurt, 1817—1819.

43. О разделе органической химии в работе Коппа см. в кн.: *Быков Г. В.* История органической химии. М., «Наука», 1977, с. 318.
44. *Hofmann A. W.* — Ber., 1892, 25. Jg., S. 505—521.
45. *Ibid.*, S. 519.
46. *Hoefler F.* La chimie enseignée par la biographie des ses fondateurs. R. Boyle, Lavoisier, Priestley, Scheele, Davy, etc. Paris, Hachette, 1865, 305 p.
47. *Wurtz A.* Histoire des doctrines chimiques depuis Lavoisier jusqu'à nous jours. Paris, 1869. Пер. с франц. под ред. А. М. Бутлерова: *Вуцц А.* История химических доктрин от Лавуазье и до настоящего времени. СПб., 1869.
48. *Ladenburg A.* Vorträge über die Entwicklungsgeschichte der Chemie in den letzten 100 Jahre. Braunschweig, 1869.
49. *Borrichius O.* Hermetis Aegyptiorum et Chemicorum Sapientia. Hafniae, 1674.
50. *Schmieder K. C.* Geschichte der Alchemie. Halle, 1832.
51. *Speter M.* Historiochemisches Allerlei.— In: Studien zur Geschichte der Chemie. Festgabe Edmund O. v. Lippmann zum siebenzigsten Geburtstage. J. Ruska (Hrsg.). Berlin, Julius Springer, 1927, S. 221.
52. *Heinig K.* Ein unveröffentlichtes Manuskript Carl Schorlemmer zur Geschichte der Chemie.— NTM, 1960, 1. Jg., H. 1, S. 62—71.
53. *Roscoe H. E., Schorlemmer C. A.* Treatise on Chemistry, v. 3. London, 1885, p. 3—39.
54. *Fourcroy A. F.* Système des connaissances chimiques, et de leurs applications aux phénomènes de la nature et de l'art, t. 1. Paris, an IX (1801), p. XXXI.
55. *Schorlemmer C.* Der Ursprung und die Entwicklung der organischen Chemie. Braunschweig, Vieweg, 1889.
56. *Шорлеммер К.* Возникновение и развитие органической химии. Пер. с англ. под ред. А. А. Максимова. М., ОНТИ, 1937, 295 с.
57. *Гельм Э.* История органической химии с древнейших времен до настоящего времени. Пер. с нем. под ред. А. Е. Луцкого. Харьков — Киев, ОНТИ, Гос. научн.-техн. изд-во Украины, 1937, с. 15.
58. *Быков Г. В.* [43, с. 321 и сл.].
59. *Teich M.* Neue Materialien über Carl Schorlemmer.— Beihefte zur Schriftenreihe für Geschichte der Naturwissenschaften, Technik und Medizin. Leipzig, Teubner, 1964, S. 108—130.
60. *Heinig K.* [52, S. 67].
61. *Ibid.*, S. 70.
62. *Мейер Э. фон.* История химии от древнейших времен до настоящих дней. Пер. с нем. под ред. и с предисловием Д. И. Менделеева. СПб., Эриксон, 1899, с. VII.
63. Там же, с. III—IV.
64. Там же, с. 461.
65. *Lippmann E. O. von.* Entstehung und Ausbreitung der Alchemie, Bd 1. Berlin, Julius Springer, 1919. 742 S.; Bd 2, 1931. 257 S.; Bd 3, 1954. 166 S.
66. *Джуа М.* История химии. Пер. с итал. изданий 1946 и 1962 гг. Г. В. Быкова под ред. С. А. Погодина. М., «Мир», 1966, 452 с.; 2-е изд. 1975. 477 с.
67. *Inde A. J.* [11].

68. *Partington J. R.* A History of Chemistry, v. 2. London, Macmillan, 1961. XXIV+795 p.; v. 3, 1962. XXIV+795 p.; v. 4, 1964. XXII+1007 p.; v. 1, pt 1, 1970. 370 p.
69. *Погодин С. А.* [Рецензия].— Вопросы истории естеств. и техн., 1965, вып. 18, с. 158—160; 1967, вып. 21, с. 137—139.
70. *Delacre M.* Histoire de la chimie. Paris, 1920.
71. *Graebe C.* Geschichte der organischen Chemie. Berlin, Julius Springer, 1920.
72. *Меншуткин Н.* Очерк развития химических воззрений. СПб., 1888. 394 с.
73. *Walden P.* Geschichte der organischen Chemie seit 1880. Berlin, Julius Springer, 1941. 946 S.

Библиографический указатель трудов Германа Копна

1. Einfache Construction eines Differentialbarometers.— Pogg. Ann., 40, 1837, S. 62—67.— Простая конструкция дифференциального барометра.
2. Ueber die Vorausbestimmung des specifischen Gewichtes einiger Reihen chemischen Verbindungen.— Pogg. Ann., 47, 1839, S. 133—152; Lieb. Ann. *, 32, 1839, S. 207—210.— О предварительном определении удельного веса некоторых рядов химических соединений.
3. Einiges über Löslichkeit.— Lieb. Ann., 34, 1840, S. 260—271.— Кое-что о растворимости.
4. Ueber das Volumenometer, ein Instrument zur Bestimmung des Volums fester oder flüssiger Körper.— Lieb. Ann., 35, 1840, S. 17—43.— О волюмометре, инструменте для определения объема твердых или жидких тел.
5. Ueber die Cohäsion einiger Flüssigkeiten.— Lieb. Ann., 35, 1840, S. 230—234.— О сцеплении некоторых жидкостей.
6. Ueber die Zersetzung des Mercaptans mit Salpetersäure.— Lieb. Ann., 35, 1840, S. 343—350.— О разложении меркаптана азотной кислотой.
7. Ueber Atomvolum, Isomorphismus und specifisches Gewicht.— Lieb. Ann., 36, 1840, S. 1—32; Ann. chim., t. 75, 1840, p. 406—435; Dtsch. Naturforsch. Versamml. Ber., 1840, S. 59—61.— Об атомном объеме, изоморфизме и удельном весе.
8. Physikalisch-chemische Beiträge. Erster Theil. Über die Modification der mittlern Eigenschaft, oder über die Eigenschaften von Mischungen in Rücksicht auf die ihrer Bestandtheile. Frankfurt a. M., Kettembeil. 1841. 16+224 S. Referat: Lieb. Ann., 39, 1841, S. 362—368.— Физико-химические работы. Первая часть. Об изменении среднего свойства или о свойствах смесей с учетом их составных частей.
9. Über das specifische Gewicht der chemischen Verbindungen. Frankfurt a. M., Kettembeil. 1841. 6+81 S.— Об удельном весе химических соединений.

* «Lieb. Ann.» мы обозначаем созданный Ю. Либихом известный немецкий химический журнал, который вначале выходил под названием «Annalen der Pharmacie», а затем «Annalen der Chemie und Pharmacie». После смерти его основателя до настоящего времени журнал выходит под названием «Justus Liebig's Annalen der Chemie».

10. Theses, welche zur Erlangung der Erlaubniss academische Vorlesungen am der Ludwigs-Universität Giessen halten zu dürfen. Giessen 1841.—Тезисы для получения права на чтение учебных лекций в Гиссенском университете им. Людвига.
11. Ueber Atomvolum, Isomorphismus und specifisches Gewicht. Giessen 1841.—Об атомном объеме, изоморфизме и удельном весе.
12. Ueber die Verhältnisse zwischen Atomgewicht und specifischem Gewicht bei festen und flüssigen Körpern.—Lieb. Ann., 40, 1841, S. 173—182.—О соотношении между атомным весом и удельным весом у твердых и жидких тел. (Анонимный обзор работ Коппа и других исследователей в именном указателе, написанный Коппу.)
13. Ungleiche Mischung von Metallegierungen in geschmolznen Zustand.—Lieb. Ann., 40, 1841, S. 184—186 [8, S. 77].—Неодинаковый состав металлических сплавов в расплавленном состоянии.
14. Dichtigkeit des Cadmiumamalgams.—Lieb. Ann., 40, 1841, S. 186 [8, S. 84].—Плотность амальгамы кадмия.
15. Ueber die Löslichkeit des Kochsalzes in wässrigem Weingeist.—Lieb. Ann., 40, 1841, S. 206. [8, S. 171].—О растворимости поваренной соли в водном винном спирте.
16. On the Atomic Volume and Crystalline Condition of Bodies, and on the Change of Crystalline Form by means of Heat.—Phil. Mag., 18, 1841, p. 255—264.—Об атомном объеме и кристаллическом состоянии тел и изменении кристаллической формы под действием теплоты.
17. Ueber die Volumtheorie.—Pogg. Ann., 52, 1841, S. 243—261.—О теории объемов.
18. Ueber die Abhängigkeit der Krystallform vom Atomvolum und über die Aenderung derselben durch Erwärmung.—Pogg. Ann., 52, 1841, S. 262—267.—О зависимости кристаллической формы от атомного объема и об изменении ее при нагревании.
19. Ueber das verschiedene Verhalten der verschiedenen Mischungen aus Alkohol und Wasser in Bezug auf Dichtigkeit.—Pogg. Ann., 53, 1841, S. 356—362.—О различном поведении разных смесей спирта с водой в связи с их плотностью.
20. Ueber Isomorphismus analoger Verbindungen ohne Isomorphismus der entsprechenden Bestandtheile.—Pogg. Ann., 53, 1841, S. 446—458.—Об изоморфизме аналогичных соединений без изоморфизма соответствующих их составных частей.
21. Bemerkungen über die Volumtheorie und L. Gmelin's Atomzahlentheorie.—Pogg. Ann., 54, 1841, S. 202—207.—Замечания о теории объемов и теории атомных чисел Гмелина.
22. Recherches sur le volume spécifique.—Ann. chim., 4, 1842, p. 462—508.—Исследования удельных объемов.
23. Sur un volumenomètre.—Ann. chim., 6, 1842, p. 380—382.—О приборе для измерения объемов.
24. Sur un nouveau baromètre raccourci portatif.—Ann. chim., 6, 1842, p. 383.—О новом укороченном портативном барометре.
25. Ueber die Vorausbestimmung einiger physikalischen Eigenschaften bei mehreren Reihen organischer Verbindungen.—Lieb. Ann.,

- 41, 1842, S. 79—89, 169—189; J. Pharm. 1, 1844, p. 131—132, 237—238.— О предварительном определении некоторых физических свойств в нескольких рядах органических соединений.
26. Notiz über einige chromsaure Salze.— Lieb. Ann., 42, 1842, S. 97—103.— Заметка о некоторых солях хромовой кислоты.
27. On a great regularity in the physical properties of analogous organic compounds.— Phil. Mag., 20, 1842, p. 187—197.— О замечательной правильности в физических свойствах аналогичных органических соединений.
28. Ueber die Berücksichtigung der Temperatur bei Vergleichung der specifischen Volume.— Pogg. Ann., 56, 1842, S. 371—392.— Об учете температуры при сравнении удельных объемов.
29. Ueber das abgekürzte Barometer.— Pogg. Ann., 56, 1842, S. 513—541.— Об укороченном барометре.
30. Geschichte der Chemie. Theil 1 *. Braunschweig, 1843. 19+455 S.— История химии, ч. 1.
31. Recherches sur les températures où les volumes spécifiques des différentes substances sont comparables.— Ann. Chim., 7, 1843, p. 389—401.— Исследования температур, при которых сопоставимы удельные объемы различных веществ.
32. Ueber die Verbindung nach Volumen von Aether mit Wasser zu Alkohol.— Lieb. Ann., 46, 1843, S. 215—221.— Об объемном соединении эфира с водой в спирте.
33. Geschichte der Chemie. Theil 2. Braunschweig. 1844. 10+426 S.— История химии, ч. 2.
34. Bemerkungen zur Volumtheorie. Mit specieller Beziehung auf H. Professor's Schröder Schrift «Die Molecularvolume der Chemischen Verbindungen». Braunschweig, 1844, 10+162 S.— Замечания к теории объемов. Со специальной ссылкой на статью профессора Шрёдера «Молекулярные объемы химических соединений».
35. Ueber den Zusammenhang zwischen der chemischen Constitution und einigen physikalischen Eigenschaften bei flüssigen Verbindungen.— Lieb. Ann., 50, 1844, S. 71—144.— О связи между химической конституцией и некоторыми физическими свойствами жидких соединений.
36. Ueber Siedepunktsregelmässigkeiten und daraus abgeleitete Folgerungen, so wie über die Theorie der specifischen Volume der Flüssigkeiten.— Pogg. Ann., 63, 1844, S. 283—317; 65, 1845, S. 89—100.— О правильностях в точках кипения и вытекающих отсюда выводах, а также о теории удельных объемов жидкостей.
37. Geschichte der Chemie. Theil 3. Braunschweig, 1845. 12+372 S.— История химии, ч. 3.
38. Uebersicht der Resultate einiger Arbeiten, welche Regelmässigkeiten in den specifische Gewichten und den Siedepuncten chemischer Verbindungen behandeln.— J. prakt. Chem., 34, 1845, S. 1—36.— Обзор результатов некоторых работ о правильностях в изменении удельных весов и точек кипения химических соединений.

* Повторные издания «Истории химии» (ч. 1—4) вышли в 1931 и 1966 гг.

39. Ueber die Siedepunkte einiger isomerer Verbindungen, und über Siedepunktsgesetze überhaupt.— *Lieb. Ann.*, **55**, 1845, S. 166—200.— О точках кипения некоторых изомерных соединений и вообще о правильностях в точках кипения.
- 39a. Considerazioni sulla differenza esistente fra la forza elastica del vapor acqueo e la forza elettromagnetica nella loro applicazione come motori Majocchi.— *Ann. fis. chim.*, **20**, 1845, p. 201—207; *Nuovo Cimento*, **3**, 1845, p. 225—234.— Замечания о различии, существующем между упругостью водяного пара и электромагнитной силой при их применении в машинах Майокки*.
40. Point d'ébullition des combinaisons organiques.— *J. pharm.*, **9**, 1846, p. 222—224.— Точки кипения органических соединений.
41. Berichtigung einer Angabe über chromsaures Zinkoxyd und Kupferoxyd.— *Lieb. Ann.*, **57**, 1846, S. 386—388.— Исправление данных о хромовокислых окиси цинка и окиси меди.
42. Bemerkungen zu Löwig's Volumtheorie.— *Pogg. Ann.*, **69**, 1846, S. 506—526.— Замечания к теории объемов Лёвига.
43. Geschichte der Chemie. Theil 4. Braunschweig, 1847. 16+448 S.— История химии, ч. 4.
- 43a. Über den Verfall der Alchemie und die hermetische Gesellschaft.— *Denkschriften der Gesellschaft für Wissenschaft und Kunst in Giessen*, 1847, Bd 1, H. 1.— [91, Theil 2, S. 290—330]. Падение алхимии и герметическое общество.
44. Untersuchungen über das specifische Gewicht, die Ausdehnung durch die Wärme und den Siedepunkt einiger Flüssigkeiten.— *Pogg. Ann.*, **72**, 1847, S. 1—62, 223—293.— Исследование удельного веса, расширения при нагревании и точек кипения некоторых жидкостей.
45. Ueber das Atomgewicht des Siliciums und die atomistische Zusammensetzung der Kieselerde.— *Lieb. Ann.*, **67**, 1848, S. 356—359; *J. pharm.*, **15**, 1849, p. 226—227.— Об атомном весе кремния и атомном составе кремнезема.
46. Ueber die specifische Wärme einiger Flüssigkeiten.— *Pogg. Ann.*, **75**, 1848, S. 98—108.— Об удельной теплоте некоторых жидкостей.
47. Einleitung in der Krystallographie und in die krystallographische Kenntniss der wichtigeren Substanzen. Braunschweig, 1849. 12+346 S.; 2-te Aufl., 1862. 14+348 S.; 3-te Aufl., 18.., 4-te Aufl., 1875. 384 S.; 5-te Aufl., 1885.— Введение в кристаллографию и в кристаллографическое изучение важнейших веществ.
48. Ueber Siedepunktsgesetze und H. Schröders neueste Siedepunktstheorie.— *Pogg. Ann.*, **81**, 1850, S. 374—402.— О правильностях в точках кипения и новой теории точек кипения, предложенной Шрёдером.
49. On the relations between the chemical composition and the boiling points and specific volumes.— *Chem. Soc. J.*, **3**, 1851, p. 104—105.— Об отношениях между химическим составом и точками кипения и удельными объемами.
50. Ueber die Ausdehnung einiger festen Körper durch die Wärme.— *Lieb. Ann.*, **81**, 1852, S. 1—67; *Ann. chim.*, **34**, 1852, p. 338—340; *Phil. Mag.*, **3**, 1852, p. 268—270; *Pogg. Ann.*, **86**, 1852, S. 156—

* Эту работу упоминает в своей библиографии Торп.

- 159.— О расширении некоторых твердых тел под действием теплоты.
51. Ueber die specifischen Volume flüssiger Verbindungen.— Lieb. Ann. 92, 1854, S. 1—32; Ann. chim., 43, 1855, p. 353—366; Bibl. Univ. Archiv, 28, 1855, p. 200—207.— Об удельных объемах жидких соединений.
 52. Ueber die Volumänderung einiger Substanzen beim Erwärmen und Schmelzen.— Lieb. Ann., 93, 1855, S. 129—232.— Об изменении объемов некоторых веществ при нагревании и плавлении.
 53. Ueber die Bildung von Krystallen mit Kernen.— Lieb. Ann., 94, 1855, S. 118—125.— Об образовании кристаллов с сердцевинкой.
 54. Ueber die Abhängigkeit des Siedepunkts und des spec. Volums flüssiger Verbindungen von der chemischen Zusammensetzung.— Lieb. Ann., 95, 1855, S. 121—126.— О зависимости точек кипения и удельных объемов жидких соединений от химического состава.
 55. Beiträge zur Stöchiometrie der physicalischen Eigenschaften chemischer Verbindungen.— Lieb. Ann., 96, 1855, S. 1—36, 153—185, 363—335; 100, 1856, S. 19—38.— К стехиометрии физических свойств химических соединений.
 56. Untersuchungen über das specifische Gewicht, die Ausdehnung durch die Wärme und den Siedepunct einiger Flüssigkeiten.— Lieb. Ann., 94, 1855, S. 257—320; 95, 1855, S. 307—356; 98, 1856, S. 367—376; Ann. chim., 47, 1856, p. 412—418; 58, 1860, p. 507—509.— Исследования удельного веса, расширения при нагревании и точек кипения некоторых жидкостей.
 57. Relations entre la composition chimique et la point d'ébullition et la densité des combinaisons fluides.— Compt. rend., 41, 1855, p. 186—190.— Отношения между химическим составом, точкой кипения и плотностью жидких соединений.
 58. Mémoire sur les changements de volume qui accompagnent l'élévation de température et la fusion.— Ann. chim., 47, 1856, p. 291—296.— Об изменениях объема, сопровождающих повышение температуры и плавление.
 59. Ueber die specifischen Volume stickstoffhaltiger Verbindungen.— Lieb. Ann., 97, 1856, S. 374—376.— Об удельных объемах азотсодержащих соединений.
 60. Ueber die Siedepunkte entsprechender Brom- und Chlorverbindungen und die Formeln der Silicium- und Titanverbindungen.— Lieb. Ann., 98, 1856, S. 265—278.— О точках кипения соответствующих бром- и хлорсодержащих соединений и о формулах кремниевых и титановых соединений.
 61. Lehrbuch der physicalischen und theoretischen Chemie (mit H. L. Buff und F. Zammer). 1-te Aufl. Braunschweig, Vieweg, 1857; 2-e Aufl., 1863—1865.— Учебник физической и теоретической химии (совместно с Г. Буффом и Ф. Цамминером). Русск. пер. Теоретическая химия Буффа, Коппа и Цамминера. М., 1859, 2-е изд. М., 1860 *.
 62. Sur quelques régularités dans les points d'ébullition des combinaisons organiques.— Ann. chim., 49, 1857, p. 338—364.— О неко-

* В этом издании часть тиража напечатана с указанием на титуле только Г. Коппа.

- торых правильностях в точках кипения органических соединений.
63. Recherches sur les volumes spécifiques des combinaisons liquides.— Ann. chim., 51, 1857, p. 458—486.— Исследования удельных объемов жидких соединений.
 64. Sur le calcul des densités de vapeur.— Compt. rend., 44, 1857, p. 1347—1348.— О вычислении плотности пара.
 65. Zur Erklärung ungewöhnlicher Condensationen von Dämpfen.— Lieb. Ann., 105, 1858, S. 390—394.— К объяснению необычной конденсации паров.
 66. On the Relation between Boiling-point and Composition in Organic Compounds.— Roy. Soc. Proc., 10, 1859—1860, p. 463—467; Chem. News, 2, 1860, p. 122—123; Phil. Trans., 1860, 150, p. 257—276.— Об отношении между точками кипения и составом органических соединений.
 - 66a. Über die Verschiedenheit der Materie vom Standpunkte des Empirismus. Giessen, 1860.— Разнообразие материи с точки зрения эмпиризма.
 67. Krystallochemische Notizen.— Lieb. Ann., 125, 1863, S. 369—374.— Заметки по кристаллохимии.
 68. Ueber die specifische Wärme starrer Körper und Folgerungen bezüglich der Zusammengesetztheit s. g. chemischer Elemente.— Lieb. Ann., 126, 1863, S. 362—373.— Об удельной теплоте твердых тел и выводы относительно состава так называемых химических элементов.
 69. Zur Lehre von den specifischen Volumen flüssiger Verbindungen.— Lieb. Ann., 128, 1863, S. 193—200; Compt. rend., 57, 1863, p. 283—287.— К учению об удельных объемах жидких соединений.
 70. Sur la chaleur spécifique des corps solides; déductions relatives à la nature composée des corps considérés comme éléments.— Compt. rend., 56, 1863, p. 1251—1255; 57, p. 47—50; Chem. News, 8, 1863, p. 90—91; J. Pharm., 44, 1863, p. 125—130; Nuovo cimento, 17, 1863, p. 60—63.— Об удельной теплоте твердых тел; выводы относительно природы сложных тел, рассматриваемых как элементы.
 71. Untersuchungen über die specifische Wärme der starren und tropfbar-flüssiger Körper. Erster Theil: Ueber die specifische Wärme der starren Körper.— Lieb. Ann., Suppl., Bd. 3, 1864—1865, S. 1—126; 289—342.— Исследования удельных теплот твердых и капельножидких веществ. Часть первая: об удельной теплоте твердых тел.
 72. Investigations of the Specific Heat of Solid Bodies.— Roy. Soc. Proc., 13, 1864, p. 229—239; Phil. Trans., 155, 1865, p. 71—202; Chem. Soc. J., 4, 1866, p. 154—234; Heidelberg. Verhandl. Nat. Med., 3, 1865, S. 167—168.— Исследования удельной теплоты твердых тел.
 73. Sonst und jetzt in der Chemie. Ein popularwissenschaftlicher Vortrag. Braunschweig, 1867, 34 S.— Русск. пер. Былое и современное химии. Общедоступная лекция. СПб., 1870. 30 с.
 74. Bemerkungen zu der vorhergehenden Abhandlung [V. Louguine. Ueber die Ausdehnung und das specifische Gewicht des Benzols und seiner Homologen] — Lieb. Ann., Suppl., Bd 5, 1867,

- S. 303—315.—Замечания к предыдущей работе [*Лугинин В.* О расширении и удельном весе бензола и его гомологов].
75. Ueber die Siedepunkte der Kohlenwasserstoffe C_nH_{2n-6} .—*Lieb. Ann., Suppl.*, Bd 5, 1867, S. 315—328.—О точках кипения углеводородов C_nH_{2n-6} .
 76. «Einleitung» im Buch: *Wöhler F. Grundriss der unorganischen Chemie.* Leipzig, 1868, S. 1—52.—«Введение» в кн.: *Велер Ф.* Основания неорганической химии.
 77. «Theoretisches über die Zusammensetzung der Körper» im Buch: *Wöhler F. Grundriss der unorganischen Chemie.* Leipzig, 1868, S. 336—373.—«Теоретические представления о составе веществ» в кн.: *Велер Ф.* Основания неорганической химии.
 78. Beiträge zur Geschichte der Chemie, Stück 1. Braunschweig, 1869. 8+239 S.—Материалы к истории химии, ч. 1.
 79. Beiträge zur Geschichte der Chemie, Stück 2. Braunschweig, 1869. 243—530 S.—Материалы к истории химии, ч. 2.
 - 79a. Über den Zustand der Naturwissenschaften in Mittelalter. Heidelberg, 1869.—О состоянии естествознания в средневековье.
 80. Die Entwicklung der Chemie in der neuen Zeit. München, 1873. 22+854 S.—Развитие химии в новое время.
 81. Beiträge zur Geschichte der Chemie, Stück 3. Braunschweig, 1875. 9+310 S.—Материалы к истории химии, ч. 3.
 82. Zu A. Naumann's Methode der Molekulargewichts-Bestimmung.—*Ber.*, 11, 1878, S. 689—692.—К методу Наумана для определения молекулярного веса.
 83. Einiges über Witterungsangaben. Braunschweig, 1879.—Некоторые метеорологические данные.
 84. Ueber Atomgewichts-Feststellungen und die Verwerthung des Isomorphismus für dieselben.—*Ber.*, 12, 1879, S. 868—924.—Об установлении атомного веса и использовании для этого изоморфизма.
 85. Aurea catena Homeri. Braunschweig, 1880. 52 S.—Золотая цепь Гомера.
 86. Heinrich Buff.—*Ber.*, 14, 1881, S. 2867—2886 (mit C. Bohn).—Генрих Буфф.
 87. Zur Kenntniss von Krystall-Ueberwachungen.—*Ber.*, 15, 1882, S. 1653—1655.—К изучению роста кристаллов.
 88. Rime Cloud observed in a Balloon.—*Nature*, 25, 1882, pp. 385—386; 507.—Покрытие инеем, наблюдаемое на воздушном шаре.
 89. Ueber die sog. specifischen Volume flüssiger Substanzen.—*Ber.*, 16, 1883, S. 2458—2460.—О так называемом удельном объеме жидких веществ.
 90. Ueber Krystallisation und namentlich über gemengte.—*Ber.*, 17, 1884, S. 1105—1121.—О кристаллизации, а именно о смешанной кристаллизации.
 91. Die Alchemie in älterer und neuerer Zeit. Ein Beitrag zur Culturgeschichte, Th. 1—2. Heidelberg, 1886. 260+425 S.—Алхимия в древнее и новое время. К истории культуры, ч. 1 и 2.
 92. Aus der Molecular-Welt. Heidelberg, 1886.—Из мира молекул.
 93. Ueber die Beziehungen zwischen der specifischen Wärme und der chemischen Zusammensetzung bei starren organischen Verbindungen.—*Ber.*, 19, 1886, S. 813—818.—Об отношениях между удельными теплотами и химическим составом твердых органических соединений.

94. Mémoire sur les volumes moléculaires des liquides. Remarques sur un mémoire de M. Bartoli, publié dans les Annales de Chimie et de Physique, 6-e série, mars 1866.— Moniteur Sci.. 28. 1886, p. 765—781.— О молекулярных объемах жидкостей. Замечания о сообщении Бартоли, опубликованном в «Анналах химии и физики».
- 94a. Sagen und Ansichten über den Ursprung und frühe Kenntniss der Alchemie. Braunschweig, 1887.— Легенды и мнения о происхождении алхимии и ранние сведения о ней.
95. Zur Kenntniss der Moleculargewichts-Wärmen starrer Verbindungen.— Ber., 21, 1888, S. 1880—1882.— К изучению молекулярных теплот твердых соединений.
96. Ueber die Molecularvolume von Flüssigkeiten.— Lieb. Ann., 250, 1889, S. 1—117.— О молекулярных объемах жидкостей.
97. Anmerkungen zu: *Wöhler F., Liebig J.* Untersuchungen über das Radikal der Benzoessäure.— Ostwald's Klassiker, N 22. Leipzig, 1891, S. 34—43.— Примечания к переизданию работы: *Велер Ф., Либих Ю.* Исследования радикала бензойной кислоты.
98. Anmerkungen zu: *Liebig J.* Über die Constitution der organischen Säuren.— Ostwald's Klassiker, N 26. Leipzig, 1891, S. 66—86.— Примечания к работе: *Либих Ю.* О конституции органических кислот.

Основная литература о Германе Коппе

1. Hermann Kopp.—Amer. Chem. J., 1892, v. 14, p. 257—258.
2. Hofmann A. W. Nachruf auf Hermann Kopp.—Ber. Dtsch. Chem. Ges., 1892, Bd 25, S. 505—521.
3. Hermann Kopp.—Chem. Ztg., 1892, v. 16, S. 251, 271.
4. Hermann Kopp.—Nature, 1892, v. 15, p. 441—442.
5. Thorpe T. E. Kopp memorial lecture.—J. Chem. Soc., 1893, v. 63, p. 775—815 (в работе имеется довольно подробная библиография работ Коппа по химии. Частичная перепечатка этой работы содержится в кн.: Great Chemist. E. Farber (Ed.). New York — London, 1961, p. 585—598).
6. Thorpe T. E. Hermann Kopp.—Proc. Roy. Soc., 1897, v. 60, p. I—V.
7. Bredig G. Kopp.—Allgemeine deutsche Biographie, Bd 55. Leipzig, 1910, S. 820—826.
8. Kopp. Badische Biographien, Bd V. Theil 1891—1909, S. 406—413.
9. Lippman E. O. von. Hermann Kopp als Historiker.—Archeion (Roma — Paris). 1932, v. XIV. S. 1—5.
10. Bessmertny B. Hermann Kopp als Chemiker.—Archeion, 1932, v. XIV, S. 62—68.
11. Ruska J. Hermann Kopp, Historian of Chemistry.—J. Chem. Educ., 1937, v. 15, p. 1—12.
12. Speter M. Vater Kopp.—Osiris, 1938, v. V, p. 392—460 (в статье приведена переписка Коппа с Ю. Либихом и Ф. Велером).

Оглавление

От редактора	5
Глава первая	
Жизненный путь	9
Детство и юность	9
Гиссенский период	12
Гейдельбергский период	28
Глава вторая	
Проблема состав — свойство	32
Удельные объемы	33
Первые работы	33
Полемика со Шрёдером	41
Жидкие органические вещества	49
Завершение исследовательской программы	55
Точки кипения	63
Удельные теплоемкости	67
Двойные системы	74
Другие работы по химии	81
Глава третья	
История химии	86
Предшественники Коппа	93
Копп	109
«История химии»	109
«Развитие химии в новое время»	118
«Материалы к истории химии»	122
«Алхимия в старое и новое время»	125

Последователи Коппа	128
Шорлеммер	130
Другие историки химии XIX в.	134
Историки химии XX в.	136
Литература	141
Библиографический указатель трудов Германа Коппа	149
Основная литература о Германе Коппе	157

Виктор Абрамович Крицман,
Георгий Владимирович Быков

Герман Копп
1817—1892

*Утверждено к печати
редколлегией научно-биографической литературы
Академии наук СССР*

Редактор издательства
Н. Б. Прокофьева

Художник
С. А. Данилов

Технические редакторы
Н. Н. Плохова, Т. А. Прусакова

Корректоры
Л. С. Агапова, О. В. Лаврова

Сдано в набор 12/VII 1977 г.
Подписано к печати 30/XI 1977 г.
Формат 84×108¹/₃₂. Бумага типографская № 2
Усл. печ. л. 8,4. Уч.-изд. л. 8,4. Тираж 8000. Т-16874
Тип. зак. 2665
Цена 50 коп.

Издательство «Наука». 117485,
Москва, В-485, Профсоюзная ул., 94а
2-я типография издательства «Наука».
Москва, Г-99, Шубинский пер., 10

ОПЕЧАТКИ И ИСПРАВЛЕНИЯ

Страница	Строка	Напечатано	Должно быть
4	1 сн.	БЗ—57—18—77	БЗ—58—22—77
34	6 св.	Ле Рой	Ле Руайе
43	1 сн.	прохождении	нахождении
44	Табл. 1, 3 стлб., 3 сн.	22,80	2,75
67	3 сн.	где <i>c</i>	где <i>C</i>
75	15 св.	поставлены	восставлены
79	4 св.	не может быть химическим соединением.	не может отвечать химическому соединению.
156	3 св.	1866	1886

Зак. 2665. В. А. Крицман. Г. В. Быков



В. А. Крицман, Г. В. Быков

**Герман
КОНН**

ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА»



ВЫХОДИТ ИЗ ПЕЧАТИ КНИГА:

Григорян Н. А.

НИКОЛАЙ ОСИПОВИЧ КОВАЛЕВСКИЙ

(Научные биографии)

12 л. 85 к.

Книга посвящена выдающемуся русскому ученому Н. О. Ковалевскому (1840—1891), основателю всемирно известной школы физиологов, видному общественному деятелю второй половины XIX века. Рассказывается о жизненном пути ученого, его научной и преподавательской деятельности. Особое внимание уделяется его трудам по физиологии вегетативной нервной системы, а также материалистическим взглядам, направленным против идеализма и метафизики в науке.

Рассчитана на широкий круг читателей.

Заказы просим направлять по одному из перечисленных адресов магазина «Книга — почтой» «Академкнига»:

- 480391 Алма-Ата, 91, ул. Фурманова, 91/97
- 370005 Баку, 5, ул. Джапаридзе, 13
- 734001 Душанбе, проспект Ленина, 95
- 252030 Киев, ул. Пирогова, 4
- 443002 Куйбышев, проспект Ленина, 2
- 197110 Ленинград, П-110, Петрозаводская ул., 7
- 117464 Москва, В-464, Мичуринский проспект, 12
- 630090 Новосибирск, 90, Морской проспект, 22
- 620151 Свердловск, ул. Мамина-Сибиряка, 137
- 700029 Ташкент, Л-29, ул. К. Маркса, 28
- 450074 Уфа, проспект Октября, 129
- 720001 Фрунзе, бульвар Дзержинского, 42
- 310003 Харьков, Уфимский пер., 4/6.

Цена 50 коп.