

Г1
К-33

Б. М. КЕДРОВ

1869 ^г годъ
ФЕВРАЛЬ
17
ПОНЕДЕЛЬНИКЪ
—
Св. Петербургъ

ДЕНЬ
ОДНОГО
ВЕЛИКОГО
ОТКРЫТИЯ



Д. И. МЕНДЕЛЕЕВ (1886 г.)

С портрета работы Н. А. Ярошенко

Б. М. КЕДРОВ

ДЕНЬ
ОДНОГО
ВЕЛИКОГО
ОТКРЫТИЯ

ИЗДАТЕЛЬСТВО СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЛИТЕРАТУРЫ
МОСКВА 1958

В этой книге прослежено открытие периодического закона, которое было сделано Д. И. Менделеевым 17 февраля (1 марта) 1869 г. В 1-й части книги анализируются архивные документы, найденные в последние годы, выясняется подготовка и конкретный ход открытия. Во 2-й части рассматривается логическая сторона сделанного открытия и характеризуется общий метод научного творчества.

Книга рассчитана на философов и химиков, а также всех интересующихся философскими вопросами современного естествознания и его истории.

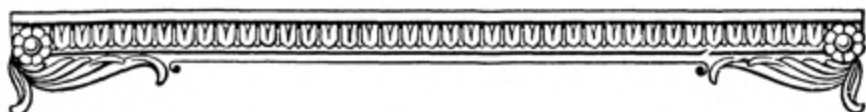
1869 ^й ГОДЪ

ФЕВРАЛЬ

17

ПОНЕДѢЛЬНИКЪ

Санктъ-Петербургъ



ПРЕДИСЛОВИЕ

Со времени открытия периодического закона прошло почти 90 лет и уже 50 лет — после смерти Дмитрия Ивановича Менделеева (1834—1907). Современники этого величайшего события в химии давно сошли в могилу; умерли и те, кто слышал что-либо об этом законе от самого Дм. Ив.¹ Устные и письменные предания, переданные с его слов, о том, как было им сделано это открытие, весьма недостоверны, а иногда невероятны и противоречивы. До последнего времени не была уточнена даже дата самого открытия; оставалось неизвестным и то, как оно было совершено. Профессор Петербургского университета А. А. Иностранцев, как непосредственный свидетель, впоследствии рассказывал, что Дм. Ив. проработал у конторки три дня и три ночи подряд, не ложась спать; в итоге такой непрерывной трехсуточной работы он сделал, наконец, свое открытие. Как же проверить правильность данного рассказа? Это казалось теперь уже невозможным.

Точно так же оставалось неясным, почему Дм. Ив. отсутствовал на мартовском заседании Русского химического общества 1869 г., на котором было впервые сообщено о только что совершенном открытии, и почему это сообщение по просьбе Дм. Ив. сделал Н. А. Меншуткин. На этот счет строились всякого рода предположения, например о мнимом заболевании Дм. Ив. в эти дни. Считалось, что эти предположения проверить также нельзя.

В памяти некоторых современников Дм. Ив. события, связанные с открытием периодического закона, по-видимому, запечатлелись в искаженном виде. Да вообще, как известно, нельзя полагаться только на воспоминания современников, когда

¹ Здесь и в дальнейшем ради краткости мы именуем Менделеева его инициалами: Дм. Ив.

дело касается уточнения дат или причин давно прошедших событий. Между тем имеются другие свидетели, показания которых вполне надежны. Они позволяют, иногда с большой точностью, восстановить забытые или неизвестные события, выяснить исторические факты и представить их в истинном свете. Такими безупречными свидетелями являются рукописные документы и другие вещественные доказательства, относящиеся к интересующему нас событию. Они-то и позволили восстановить истинную историю открытия периодического закона

В течение последних восьми лет в ряде ленинградских архивов было обнаружено много ранее не известных менделеевских рукописей и среди них относящиеся к открытию периодического закона. На трех из этих ценнейших документов стоит дата: 17 февраля 1869 г.¹ Как раз в этот день Дм. Ив. Менделеев открыл периодический закон. Новые материалы позволяют установить не только то, *когда* был открыт периодический закон, но и то, *как* он был открыт. В этом — их научное значение.

История науки интересно на основании новых менделеевских рукописей выяснить следующие вопросы:

- 1) Какие события в жизни и деятельности Дм. Ив. непосредственно предшествовали открытию периодического закона и повлияли на это открытие в смысле его форсирования?
- 2) Как протекало само это открытие, какие фазы или стадии оно прошло в течение знаменательного дня 17 февраля 1869 г.?
- 3) Какие события произошли в жизни и научном творчестве Дм. Ив. непосредственно вслед за открытием и в связи с ним?

Посильный ответ на эти вопросы дает 1-я часть нашей книги (гл. I—V), посвященная историческому изложению событий.

Во 2-й ее части (гл. VI—X), посвященной логическому анализу событий, в порядке обобщения рассмотренных материалов и обоснования выводов из их анализа освещаются некоторые стороны научного метода, примененного Дм. Ив. в своем открытии, вопросы логики и психологии научного творчества, а также проблемы более общего философского характера.

По своей структуре книга подразделяется на основной текст и на дополнения. Основной текст содержит, кроме изложения главного содержания книги, все фотокопии. Дополнения включают в себя, во-первых, всю расшифровку фотокопий и их истолкование, таблицы, содержащие как эту расшифровку, так и их сравнительный анализ (сводные таблицы); во-вторых, весь материал полемического характера; в-третьих, разъяснение деталей и фактов второстепенного характера, представляющих интерес для истории открытия периодического закона.

¹ В этой книге все даты, относящиеся к XIX веку и началу XX века, указываются по старому стилю.

Дополнения делаются к каждой главе; помещаются они порядком в конце книги; при этом в тексте книги, в том месте, к которому следует данное дополнение, в квадратных скобках указан порядковый номер дополнения, например [доп. 1]. При ссылке на таблицы в тексте книги указывается их номер, а также номер дополнения, в котором они помещены.

Обращаем внимание читателя на то, что в 1-й части нашей книги мы, как правило, не раскрываем методики расшифровки и истолкования приводимых в книге фотокопий, но лишь приводим их результат в том виде, как это представляется нам наиболее вероятным и правдоподобным. Обоснование же этому дается в начале 2-й части книги, в главе VI, посвященной данной стороне дела, а также в дополнениях. Поэтому, если при чтении 1-й части книги у читателя возникнет вполне законный вопрос о том, каким образом доказывается правильность толкования приводимых фактов и документов, то ответ на этот вопрос он найдет в указанной главе и соответствующих дополнениях.

Разумеется, все толкования черновых документов даются нами предположительно, в качестве гипотез, проверяемых и подтверждаемых совокупностью всех данных после приведения их во взаимную связь. Это касается прежде всего установления хронологической последовательности составления самих документов, а также отдельных записей, сделанных в них, исправлений, переносов и вставок. Исходя из реальных фактов, какими являются собранные нами материалы, путем логических рассуждений мы стремились создать наиболее вероятную картину того, как протекало данное открытие [доп. 1].

В этой книге приведена 21 фотокопия важнейших менделеевских материалов, из которых 10 печатаются впервые, а остальные 11 (с IIIб по XII и XVI) были опубликованы в т. I «Научного архива» Дм. Ив. Менделеева в 1953 г. Расшифровка всех фотокопий дается в таблицах, отображающих последовательные этапы открытия периодического закона и соответственно этому — составления периодической системы элементов.

Последовательная расшифровка фотокопий позволяет наглядно показать, в каком порядке Дм. Ив. включал одни элементы за другими в составляемую им систему или передвигал их с первоначального места на другое.

Те элементы, которые он вновь добавлял к ранее включенным в систему, мы обозначаем жирным шрифтом, например Са, а те элементы из числа уже включенных, которые он *переставлял* с одного места на другое, мы обозначаем курсивом, например Н. Те же элементы, которые Дм. Ив. вычеркивал, мы ставим в квадратные скобки, например [Be]. Добавления, которые мы делаем от себя, ставятся в фигурные скобки, например {K}.

Заметим, что в большинстве случаев, следуя за Дм. Ив., мы пользуемся его символикой для обозначения химических элементов, особенно там, где разбираются его высказывания. Во всех такого рода случаях мы отсылаем читателя к «Списку устарелых символов химических элементов», помещенному в конце книги.

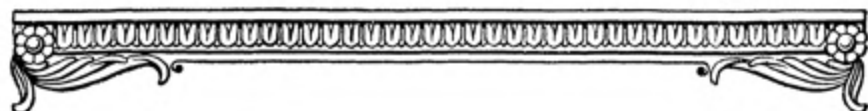
В конце книги помещены списки фотокопий, таблиц и дополнений с указанием страниц, где они помещены, а также список отсылок на часть цитируемой литературы. В тексте же книги в квадратных скобках указываются порядковый номер цитируемого источника (первое число) и страницы, на которые дается ссылка (остальные числа). В этот список включены, во-первых, труды самого Дм. Ив. и, во-вторых, журналы и сборники (на русском языке); остальные же источники приводятся в подстрочных ссылках.

Основные менделеевские материалы, помещаемые в данной книге, были найдены в Музее-архиве Д. И. Менделеева при Ленинградском университете дочерью великого химика, возглавлявшей музей, Марией Дмитриевной Менделеевой-Кузьминой (1886—1952) и сотрудником музея Тамарой Сергеевной Кудрявцевой. Ценные сведения сообщил нам бывший личный секретарь Дм. Ив.— Алексей Васильевич Скворцов. Часть материалов была найдена автором данной работы совместно с **Т. Н. Ченцовой** в Музее-архиве Д. И. Менделеева при ЛГУ, в Центральном государственном историческом архиве в Ленинграде и в Государственном историческом архиве Ленинградской области.

В подготовке данной книги ближайшее участие принимала Татьяна Николаевна Ченцова (1900—1955). Она была одним из самых горячих «менделеевских энтузиастов» и отдала много сил изучению и разработке менделеевского научного наследства.

Наша книга приурочена к 50-летию со дня смерти великого химика, которое исполнилось в 1957 году.

Февраль 1957 г.



Часть первая

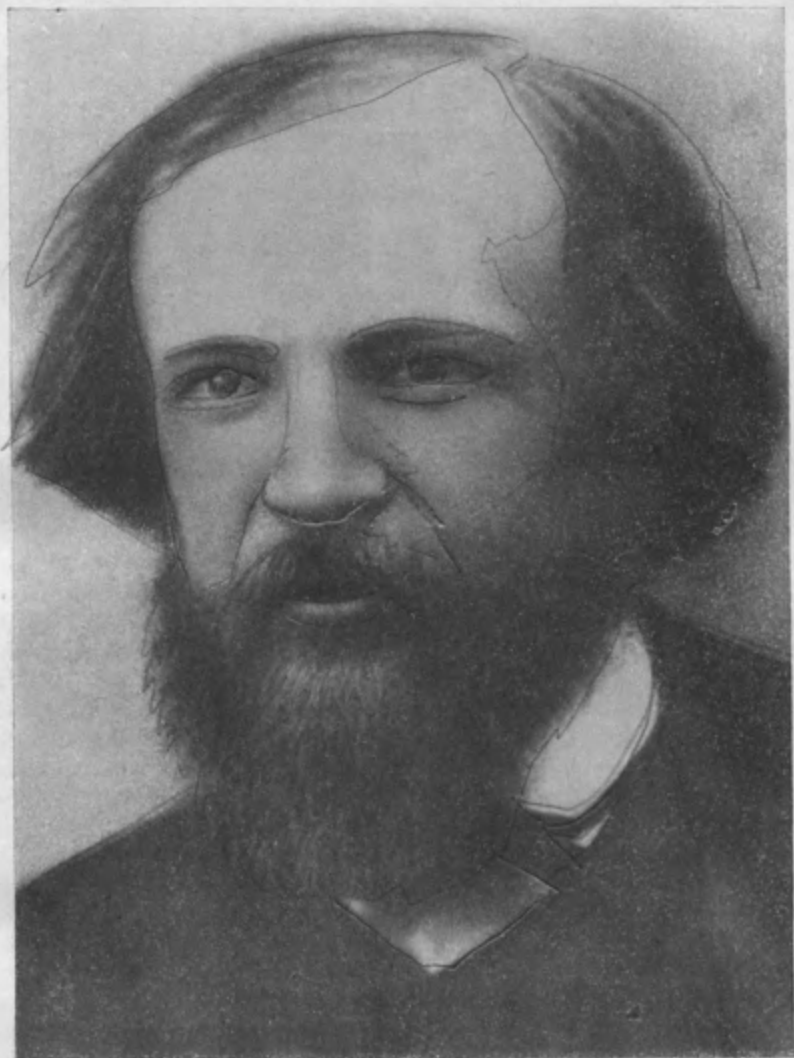
ФАКТИЧЕСКИЙ ХОД ОТКРЫТИЯ

17 февраля 1869 г.

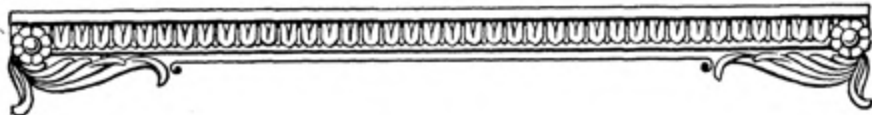
(Историческое изложение)

«Вы скажете — это история, но от истории не вырваться. История есть неизбежная колея, по которой движется какой бы то ни было научный или общественный прогресс».

(Д. И. Менделеев. Стенограмма лекций.)



Д. И. Менделеев. 1868 г.



ГЛАВА I

НАКАНУНЕ ДНЯ ОТКРЫТИЯ

(«Основы химии» и сыроварни)

«...Главное — периодичность элементов, найденная именно при обработке „Основ химии“».

(Из записей Д. И. Менделеева.)

Приступая к изложению фактической истории открытия периодического закона, мы хотели бы прежде всего отметить следующее отрадное обстоятельство, которое в огромной степени облегчило нашу задачу: Дм. Ив., будучи человеком весьма аккуратным, сохранял все, даже самые незначительные на первый взгляд, материалы, касающиеся его личной жизни, а тем более — научной работы. В связи с этим его дочь М. Д. Менделеева-Кузьмина приводит его высказывание: «Тот, кто будет писать мою биографию, скажет мне спасибо» [7, 5]. Такое «спасибо» мы много раз повторяли при изучении ценнейших материалов, касающихся истории открытия периодического закона и бережно сохраненных его автором. Именно эти-то материалы и позволили пролить новый свет на историю великого открытия в химии.

Прежде всего постараемся выяснить, чем был занят Дм. Ив. в течение недель и дней, непосредственно предшествовавших дню открытия периодического закона, причем, разумеется, нас будут интересовать только те события, которые так или иначе были связаны с этим открытием [доп. 2].

Известны по меньшей мере два события, или, точнее сказать, две цепи событий, которые непосредственным образом оказались связанными с названным открытием; хотя связь эта порою имела характер случайного совпадения, тем не менее она несомненна, а потому мы и остановимся на ее рассмотрении.

Речь будет идти, во-первых, о работе Дм. Ив. над «Основами химии» и, во-вторых, о его поездках (с целью обследования) на артельные сыроварни.

1. Как шла подготовка открытия периодического закона (Работа над «Основами химии» в 1868 г.)

Дм. Ив. неоднократно указывал на то, каким путем был им открыт периодический закон. Характеризуя работу над своей книгой, он писал, что главное здесь была «периодичность элементов, найденная именно при обработке «Основ химии» [7,53]. Об этом же он писал в своих статьях «Соотношение свойств с атомным весом элементов» (март 1869 г.), «Периодическая законность [для] химических элементов» (июль 1871 г.) и других.

«Основы химии» Дм. Ив. начал писать в 1868 г. К этому времени было уже известно 63 химических элемента, описать которые и предстояло Дм. Ив. в своем курсе. Естественно, возникал вопрос: в каком порядке, в какой последовательности, в какой взаимосвязи это должно было производиться? До того времени изложение курса общей и неорганической химии давалось довольно бессвязно, главным образом по отдельным естественным группам с общим их делением на металлы и неметаллы («металлоиды»). Иногда, особенно в 60-х годах XIX века, курс общей химии строился на основе атомности элементов по водороду, что соответствовало в главных чертах его построению согласно жераровской теории типов.

Для Дм. Ив. было ясно, что нельзя описывать элементы хаотически, бессистемно или же следуя какому-либо искусственному, формальному, произвольно установленному порядку. Между тем в те времена, вплоть до открытия периодического закона, обычно было принято составлять общий список элементов в алфавитном порядке их латинских названий, что делал и сам Дм. Ив. не только накануне написания «Основ химии» (см. табл. 1 [доп.3]), но даже еще в 1-й ее части (см. фотокопию IIIa).

Следует также отметить, что атомные веса многих элементов не были установлены к февралю 1869 г. достаточно твердо и точно. Более того, до самого конца 60-х годов для ряда элементов удерживались старые, эквивалентные веса, несмотря на то что еще в 1860 г. на Международном съезде химиков в Карлсруэ, в работе которого участвовал и Дм. Ив., были приняты истинные атомные веса, соответствующие закону Авогадро-Жерара, вместо ранее употреблявшихся эквивалентных, т. е. чисто эмпирических, весов.

В 1868 г. Дм. Ив. успел написать всю или почти всю 1-ю часть «Основ химии», состоящую из двух выпусков. Вып. 1 был напечатан уже летом того же года. В самом начале этого выпуска, т. е. в самом начале «Основ химии», Дм. Ив. привел список тех же 63 элементов, расположенных в той же алфавит-

ной последовательности, что и в табл. 1 [доп. 3], но без атомных весов¹, с добавлением краткой характеристики физического состояния каждого элемента в свободном состоянии, его распространенности в природе, а также его изученности [3, 77—82]. В несколько дополненном виде этот список элементов приведен ниже (см. фотокопию IIIa, табл. 21 [доп. 16]).

Атомным весам элементов Дм. Ив. тогда еще не придавал, по-видимому, решающего значения для систематизации элементов, по крайней мере в то время, когда он писал не только вып. 1 своих «Основ химии», но и, как увидим далее, большую часть их вып. 2. Только в самом конце вып. 1 (в гл. 10, посвященной атомической гипотезе строения вещества) Дм. Ив. привел первую, далеко не полную «таблицу атомных весов обыкновеннейших простых тел» [3, 342], которая охватила только 22 элемента, т. е. немногим больше одной трети всех известных тогда элементов (см. табл. 2 [доп. 3]).

«Основы химии» делились на две части (или два тома); в свою очередь каждая часть составлялась из двух выпусков. Вып. 1 части 1-й вышел в свет еще летом 1868 г. Он был посвящен главным образом общим вопросам химии, наряду с которыми Дм. Ив. начал описание первых элементов, игравших роль типических; это были водород (H), кислород (O) и азот (N), причем описание азота только еще было начато в вып. 1. Следующие выпуски книги должны были охватить остальные 60 элементов. Для этого требовалось предварительно составить планы этих выпусков, и в первую очередь — план ближайшего вып. 2.

Очевидно, что вып. 2 «Основ химии» должен был включить в себя, кроме описания азота (завершение того, что было начато в вып. 1), еще и углерода (C), т. е. последнего из четырех типических элементов. Кроме того, как показывает набросок плана «Основ химии», относящийся, по-видимому, к середине 1868 г., в этот выпуск Дм. Ив. предполагал включить галоиды (галогены) — Cl, F, Br, J — и щелочные металлы. Следовательно, вып. 2, а тем самым и всю 1-ю часть «Основ химии» Дм. Ив. первоначально предполагал закончить щелочными металлами.

Интересно выяснить более конкретно, каким именно вопросам Дм. Ив. намеревался посвятить последние главы вып. 2. Согласно упомянутому выше плану (середина 1868 г.), Дм. Ив. намечал описывать элементы и их соединения в следующем порядке:

NaCl (гл. 20), Cl и ClO, т. е. соединения Cl с O (гл. 21), и аналоги хлора — J, Br и F (гл. 22). Сейчас же вслед за галоида-

¹ Как мы увидим ниже (см. гл. III), это обстоятельство сказалось определенным образом в момент открытия периодического закона.

ми в плане у Дм. Ив. шли Na, K, Cs и Ag (последний был затем вычеркнут и перенесен во 2-ю часть «Основ химии»).

Из сказанного следует, что сразу же после изложения материала о первых четырех элементах (H, O, N, C) Дм. Ив. предполагал описать в их сопоставлении друг с другом и в их противопоставлении одна другой две группы полярно-противоположных в химическом отношении элементов — галоидов и щелочных металлов. С этой целью он выбрал вполне определенное химическое соединение — поваренную соль (NaCl), в котором как раз и сопоставляются представители обеих групп — Cl и Na, причем сопоставляются не искусственно, а совершенно естественным образом, реально, в самой объективной действительности. Иначе говоря, Дм. Ив. выбрал такое именно соединение, в котором сама природа сблизила и сопоставила между собой такие химические крайности, как Cl (типичный представитель галоидов) и Na (типичный представитель щелочных металлов).

Заканчивая главу 19 части 1-й «Основ химии», посвященную горению, Дм. Ив. писал:

«В предыдущих главах мы познакомились с важнейшими взаимными отношениями и свойствами четырех элементов: водорода, кислорода, азота и углерода. Их называют иногда *органогенами*...

Однако нельзя резко различить элементы по их сходству с H, O, N и C или, как говорят, по их атомности, потому что в природе элементов больше разнообразия, чем в четырех описанных нами... Поэтому сравнивать каждый элемент с одним из рассмотренных нами не всегда возможно, а иногда и бесполезно. Изучение химических соединений должно состоять не в одном указании их количественного, даже частичного, состава, оно требует определения химического их характера, т. е. указания на те реакции, к каким они способны. Так, хлор, сходный в количественном отношении с водородом, потому что входит в разные частицы в таком же пайном количестве, как и водород, даже способный прямо заменять водород, по характеру своих реакций сходен более всего не с водородом, а с кислородом, потому что, подобно последнему, прямо соединяется и с металлами, и с металлоидами. Таким образом, строго говоря, каждый элемент обладает самостоятельными свойствами, но у некоторых из них есть несколько общих признаков с теми, которые уже рассмотрены нами. Поэтому, не придавая делению тел по атомности абсолютного значения, мы будем пользоваться им (за недостатком другого, лучшего начала) как началом для расположения остальных элементов в ряд, а потому опишем сперва элементы, наиболее сходные с водородом, потом с кислородом, азотом и углеродом» [3, 650—652].

Так Дм. Ив. писал примерно в конце 1868 г. Из приведенного выше следует, что в своем первоначальном замысле «Основ химии» Дм. Ив. исходил из деления всех элементов на 4 категории: одноатомных (подобных Н), двуатомных (подобных О), трехатомных (подобных N) и четырехатомных (подобных С). В соответствии с этим в начале книги были рассмотрены в качестве типических 4 элемента:

Н (1), О (2), N (3), С (4).

(Здесь в скобках указана атомность элемента, или, точнее сказать, его валентность по водороду, возрастающая от 1 до 4.)

В качестве аналогов Н Дм. Ив. называет Cl и Na, добавляя к первому J, а ко второму K и Ag. В качестве аналогов О он называет S и Ca, добавляя к последнему Mg, Zn, Cu, Hg и Pb. В качестве аналогов N он называет P и Al, добавляя к последнему Cr, Mn и Fe. Наконец, в качестве аналога С он называет Si. Так составляется «таблица атомных весов обыкновеннейших простых тел» (см. табл. 2). Как видим, эта таблица построена не на принципе атомных весов, а на принципе атомности.

Примерно в то же самое время, когда была составлена табл. 2 [см. доп. 3], т. е. около середины 1868 г., Дм. Ив. набросал упоминавшийся выше план 1-й и 2-й частей «Основ химии» (см. фотокопию I). Этот план, как мы увидим, тесно связан с табл. 2. Распределение элементов в нем основано на признаке их атомности: сначала идут одноатомные элементы, за ними — двуатомные, затем — трех- и, наконец, четырехатомные.

В связи с этим важно отметить, что в конце вып. 2 книги, в главе 20, посвященной NaCl и HCl, Дм. Ив. сгруппировал хлористые металлы по их составу также в соответствии с атомностью соединенного с хлором металла М. Сначала идут соли состава MCl, например: NaCl, KCl, AgCl, CuCl, HgCl. Затем — состава MCl₂, например CaCl₂, CuCl₂, PbCl₂, HgCl₂, FeCl₂, MnCl₂. Наконец, соли состава, например, MCl₃ и MCl₄: Al₂Cl₆, Fe₂Cl₆, PtCl₄ и т. п.

Далее Дм. Ив. отмечает, что многие металлы дают несколько степеней соединения с Cl, как и с О, например Fe, Cu; при этом хлористых металлов, соответствующих перекисям, не существует, например нет PbCl₄.

«Хлористые металлы,— заключает Дм. Ив.,— имеют общий вид солей, представителем их служит поваренная соль» [3, 687].

Если перечисленные металлы, входящие в различные хлористые соединения, расположить по их атомности, согласно группировке Дм. Ив., то получатся следующие ряды:

- (1) Na K Ag < Cu Hg >;
- (2) Ca Cu Pb Hg < Fe Mn >;
- (3) Al Fe;
- (4) Pt.

(Здесь в круглых скобках указана атомность металлов данного ряда; в угловые же скобки взяты те металлы, которые способны давать соединения с хлором высшей атомности.)

Сопоставляя металлы этих четырех рядов, не заключенные в скобки, с рядами металлов в табл. 3 и 4 [доп. 4], мы легко обнаруживаем почти полное совпадение их распределения не только по рядам, но даже по их последовательности внутри каждого ряда, за исключением Cu , которая в табл. 3 стоит не перед Pb и Hg , а позади них. Таким образом, еще в одном отношении обнаруживается связь между текстом 1-й части «Основ химии» (вып. 2) и их общим планом.

Как уже говорилось выше, набросок плана «Основ химии» Дм. Ив. сделал в середине 1868 г., а дальнейшие изменения в этом плане сделал несколько позднее, возможно, во второй половине 1868 г. Согласно этому наброску плана, в 1-ю часть «Основ химии» должны были бы войти, кроме четырех органических элементов (H , O , N , C), еще четыре галоида (Cl , F , Br , J) и пять щелочных металлов (Na , Li , K , Rb , Cs), т. е. всего 13 элементов.

В таком случае во 2-ю часть следовало включить остальные 50 элементов. Однако, по-видимому, уже к концу 1868 г. Дм. Ив. пришел к мысли перенести изложение материала о щелочных металлах во 2-ю часть «Основ химии», с тем чтобы 1-ю часть завершить галоидами, а 2-ю часть начать с Na . Тем самым непосредственный переход от галоидов к щелочным металлам стал для Дм. Ив. практическим вопросом о переходе от 1-й части «Основ химии» ко 2-й их части.

Главу 19 части 1-й книги, которая писалась, по-видимому, в конце 1868 г., Дм. Ив. закончил ссылкой на то, что одноатомные элементы R и M , подобные H , образуют соединения HR , HM и RM .

«Самый лучший пример тому представляет хлористый натрий NaCl , или поваренная соль, потому что и хлор и натрий в своих соединениях ближе всего напоминают водород по частичному составу и даже во многих отношениях и по химическому характеру... При этом H_2O — окисел безразличный, HClO — кислота, а HNaO — щелочь, тем не менее в общем характере соединений H , Na и Cl есть много сходного.

Для начала знакомства с подобными одноатомными элементами и их соединениями избираем поваренную соль как вещество общеизвестное и служащее в практике источником для получения хлора и натрия и их соединений, а в науке прототипом солей как особого класса химических соединений. Описание хлора и натрия, а также и элементов, сходных с ними, введет нас в новые области химии, потому что из остальных элементов многие образуют соединения, ближе всего сходные с теми, с ка-

кими мы познакомимся в последующих главах. Так, натрий есть представитель химического характера (или функции, отправления, как говорится иногда) металлов, составляющих большинство простых тел. С него мы и начнем следующий том этого сочинения, посвящаемый преимущественно знакомству с химическими свойствами металлов и их соединений» [3, 652].

Итак, Дм. Ив. к этому моменту уже изменил план распределения элементов между обеими частями «Основ химии». В 1-й части осталось 8 элементов: органогены (H, O, N, C) и галоиды (Cl, F, Br, J); остальные 55 элементов, т. е. подавляющее их большинство (семь восьмых всех элементов), приходились на 2-ю часть «Основ химии».

Интересно проследить, как постепенно подготавливался у Дм. Ив. решающий переход от принципа распределения элементов по атомности к принципу их распределения по атомным весам. Уже при сопоставлении Cl с его аналогами, особенно с Br и J, Дм. Ив. выясняет важность величины атомного веса в качестве определяющего признака элемента.

«Если мы сравним четыре рассмотренные нами элемента — фтор, хлор, иод и бром, — то можем видеть в них весьма замечательный пример сходственных соединений, отличающихся между собой физическими свойствами в том же самом порядке, в каком они отличаются и атомным весом. Если мы представим себе тела, сходственным образом составленные, но отличающиеся атомным весом, то мы должны полагать, что при большем атомном весе, как и при большем весе частицы, получится вещество, обладающее высшим удельным весом, высшею температурою кипения и целым рядом свойств, зависящих от этого изменения в основных свойствах. Большой атомный вес должен определять и большее взаимное притяжение частиц, следовательно труднейшее их разделение и большее их взаимное притяжение... Паи галондов суть: F=19, Cl=35.5, Br=80, J=127. Паи брома почти что занимает середину между паями хлора и иода, как бром по свойствам. Плотность жидкого хлора равна 1.3, брома 3.0 и иода 4.9, отношение то же, как и для паев» [3, 757—758].

Так заканчивалась 1-я часть «Основ химии». Окончательно го плана 2-й их части Дм. Ив. к этому времени, по-видимому, еще не имел; он тогда еще не отказался от изложения остальных элементов на основе принципа атомности, а потому вслед за одноатомными галондами предполагал сразу же начать излагать щелочные металлы, и прежде всего Na, в качестве второй, после Cl, составной части NaCl. Вслед за Na, естественно, должны были идти его аналоги, а затем двуатомные металлы.

2. Как Менделеев вплотную приблизился к своему открытию (Работа над «Основами химии» в начале 1869 г.)

Первые главы 2-й части «Основ химии» (вып. 3) Дм. Ив. написал в начале 1869 г., как он сам об этом сообщил [4, 6]. Из этих глав 1-я посвящена натрию, 2-я — его аналогам, 3-я — теплотемкости, 4-я — щелочноземельным металлам. За первые полтора месяца 1869 г. (до 15 февраля) Дм. Ив. смог написать только первые из этих глав, возможно, что главу 3 он дописал позднее. Ко дню открытия периодического закона (17 февраля 1869 г.) он, вероятно, успел уже изложить вопрос о соотношении таких полярно-противоположных элементов, как щелочные металлы и галоиды, которые были сближены между собою по величине их атомности, а также вопрос о соотношении самих щелочных металлов по величине их атомных весов. А так как соотношение галоидов друг с другом по величине их атомных весов Дм. Ив. рассмотрел уже раньше (в самом конце 1-й части «Основ химии»), то уже в первые полтора месяца 1869 г. он вплотную подошел к выяснению вопроса о сближении и сопоставлении группы щелочных металлов с группой галоидов по величине их атомных весов. Такое сближение и сопоставление двух групп полярно-противоположных элементов по величине атомных весов их членов фактически уже означало отказ от принципа распределения элементов по их атомности и переход к принципу их распределения по атомным весам. Этот переход представлял собой уже не подготовку к открытию периодического закона, а начало самого открытия. В связи с этим интересно проследить, как приближался Дм. Ив. при написании первых глав 2-й части «Основ химии» к мысли сопоставить между собой щелочные металлы и галоиды по величине их атомных весов.

2-я часть «Основ химии» начинается так:

«Описывая поваренную соль, мы видели, что она содержит два элемента: хлор и натрий. Мы познакомились уже с первым из них, а также с его аналогами и простейшими соединениями. Теперь постараемся дать характеристику другого элемента, входящего в поваренную соль... а потом познакомимся и с элементами, наиболее близкими к натрию. Хлор и его соединения можно выставить как образцы не металлических, галоидных или электроотрицательных, т. е. металлоидных веществ, а натрий и его соединения будут типом металлических веществ. Сличая HCl с NaCl , Cl с Na , Na_2O с Cl_2O , NaHO с ClHO и т. п., а также узнав те реакции, в которые вступают оба простых тела, мы получим представление о той мере различия, какая существует в крайних примерах металлов и металлоидов» [4, 7].

Переходя к главе 2 части 2-й «Основ химии», посвященной аналогам Na, Дм. Ив. сразу же начинает с сопоставления названных выше двух групп элементов. Он пишет:

«Подобно тому, как хлору, заключающемуся в поваренной соли, соответствует ряд аналогических элементов: фтор, бром, иод, так точно и натрию поваренной соли соответствует ряд аналогических элементов, к описанию которых мы теперь и переходим. Сюда относятся литий $\text{Li} = 7$, калий $\text{K} = 39$, рубидий $\text{Rb} = 85,4$ и цезий $\text{Cs} = 133$. Эти элементы столь же сходны с натрием, как бром, фтор и иод с хлором...

Еще весьма недавно к числу щелочных металлов кроме натрия относили только литий и калий. Тогда соотношение между хлором, бромом и иодом, с одной стороны, и литием, натрием и калием, с другой стороны, было наиболее разительным. В самом деле, пай брома, как мы видели, представляет величину среднюю между паями хлора и иода. Точно так же и пай натрия (23) составляет арифметическое среднее между паями лития и калия» [4, 52—53].

Дальше Дм. Ив. развивает ту же мысль, подчеркивая вместе с тем полярную противоположность в химическом отношении обеих групп. Он пишет:

«...сходство щелочных металлов столь же значительно, как и сходство галоидов между собой. Галоиды и щелочные металлы составляют в некотором смысле самые крайние по характеру элементы...» «...Должно обратить внимание как на степень качественного химического различия галоидов и щелочных металлов, так и на ту степень количественного схождения, какая существует между этими столь различными элементами. Это укажет нам, что при всем различии элементов изучение их дает возможность уловить и некоторое между ними сходство, что указывает на существование общих законов, управляющих самыми разнородными химическими изменениями веществ.

В качественном отношении галоиды, с одной стороны, и щелочные металлы, с другой, суть элементы, наиболее противоположные друг другу, и в ряду всех прочих элементов эту противоположность характеризуют чаще всего, называя галоиды электроотрицательными, а щелочные металлы — электроположительными телами...»

«При всем этом качественном различии есть, однако, важное количественное сходство между галоидами и щелочными металлами. Это сходство выражают, причисляя оба эти разряда элементов к числу одноатомных... Достаточно сравнить в этом отношении с водою KNO_3 , K_2O , HClO и Cl_2O . Этим доказывается, что в количественном отношении галоиды и щелочные металлы сродственны с водородом» [4, 95, 96, 98—99].

Следовательно, в начале 1869 г., при написании первых глав 2-й части «Основ химии», Дм. Ив. был занят мыслью о проведении параллели между обеими упоминаемыми группами

элементов, при одновременном подчеркивании их полярной противоположности. Он обращает также свое внимание и на то обстоятельство, что величина атомных весов позволяет выяснить те отношения, которые существуют между элементами, входящими в одну естественную группу. Так, приведя еще раз значения атомных весов для щелочных металлов, он пишет:

«Эти атомные веса показывают, что в ряду сходственных щелочных металлов, как и в ряду галоидов, можно расположить элементы по величине атомного веса, чтобы судить об относительных свойствах сходственных соединений тел этой группы» [4, 101—102].

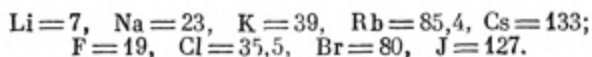
Рассмотрев растворимость углекислых солей, Дм. Ив. указывает, что подобную же последовательность мы видим и в других соединениях названных металлов, например в случае двойных хлороплатиновых солей:

«...Чем выше пай металла, тем менее растворима {соответственная} соль. В других случаях замечается обратное явление: чем выше пай, тем легче растворима соответственная соль. В самих даже металлах ясно проявляется последовательность в изменении свойства сообразно с изменением атомных весов... Что касается до химической энергии, свойственной описанным простым телам, то и в этом отношении, по-видимому, существует ясное соответствие с порядком, в котором распределяются эти элементы по атомным свойствам» [4, 102].

Все это показывает, что в начале 1869 г. Дм. Ив. пока ограничивался лишь сопоставлением атомных весов *сходных* элементов и не ставил еще вопроса о сопоставлении атомных весов *несходных* элементов. Другими словами, он уже рассматривал порядок распределения элементов по атомным весам *внутри* естественных групп, но еще не дошел до мысли рассмотреть связи *между* самими группами в соответствии с атомными весами их попарно сближенных членов. К этой последней мысли Дм. Ив. неуклонно приближался и тем быстрее, чем глубже раскрывалось то обстоятельство, что внутри различных групп атомные веса их членов изменяются сходственным образом. Как близко Дм. Ив. подошел к этой мысли, можно судить по заключительной фразе выводов из главы 2 части 2-й «Основ химии»:

«Естественный ряд щелочных металлов: $\text{Li}=7$, $\text{Na}=23$, $\text{K}=39$, $\text{Rb}=85$, $\text{Cs}=133$ сходен с естественным рядом галоидов. Он определяет порядок свойств и энергии этих элементов» [4, 103].

Короче говоря, Дм. Ив. исследовал зависимость физических и химических свойств элементов при распределении их внутри двух групп по возрастанию атомных весов и составил два ряда элементов



Для решающего шага к открытию периодического закона оставалось сопоставить и сблизить обе группы по величине атомных весов их членов. Правда, Дм. Ив. уже сопоставил $\text{Na}=23$ и $\text{Cl}=35,5$, когда он показывал, как определяется пай натрия:

«...в поваренной соли на 35,5 частей хлора заключаются 23 части натрия. Эта величина и определяет эквивалент натрия {по} водороду, — потому что с одной частью водорода соединяются также 35,5 частей хлора» [4, 101].

Но задача состояла не в том, чтобы сблизить две изолированные пары элементов из двух разных групп, *один* галоид (например, Cl) с *одним* щелочным металлом (например, с Na), как это имеет место в случае их соединения в NaCl, а в том, чтобы сблизить *всю* группу галоидов, взятую как нечто целое, со *всей* группой щелочных металлов, взятой тоже как целое. Для этого нужно было обратить внимание не только на близость атомностей у тех и других, но и на близость их атомных весов, как это имеет место, например, у $\text{K}=39$ и $\text{Cl}=35,5$. Приближением к этому явилось отмеченное уже выше сравнение с H_2O , с одной стороны, KNO и K_2O , а с другой стороны — HClO и Cl_2O .

Позднее (в июле 1871 г.), спустя два с лишним года после открытия периодического закона, Дм. Ив. указывал как раз на эту пару элементов (K и Cl). Говоря о том, что наряду с другими элементами по величине атомного веса и по разности реагирования можно сблизить $\text{Cl}=35$ и $\text{K}=39$, он отмечал:

«Переход от Cl к K и т. п. также во многих отношениях будет соответствовать некоторому между ними сходству, хотя и нет в периоде других столь близких по величине атома элементов, которые качественно были бы между собою столь различны» [6, 34].

Другой вопрос, который стал особенно интересовать Дм. Ив., как только он приступил к написанию 2-й части «Основ химии», состоял в том, каким образом надо было располагать вслед за щелочными металлами остальные 50 элементов. Это был вопрос о плане 2-й части «Основ химии». В первую очередь этот вопрос касался, конечно, металлов, особенно тех, которые должны были следовать непосредственно за щелочными металлами. Решать этот вопрос было насущной необходимостью для Дм. Ив., так как иначе он не мог бы излагать 2-ю часть «Основ химии» дальше двух первых глав.

Согласно плану 1868 г. (см. табл. 5), за щелочными металлами должны были следовать Mg, Ca, Sr и Ba; Zn и Pb; Ag, Hg и Cu. За ними — семейство железа и т. д. В такой примерно последовательности Дм. Ив. начал излагать главы 3 и 4 части 2-й «Основ химии», а затем главы 5 и 6. По тому обстоятельству, что при изложении материала о щелочноземельных металлах (гл. 4) Дм. Ив. включил в эту группу и Be, можно думать, что главу 4

он писал (или во всяком случае дописывал) уже после открытия периодического закона, ибо впервые Ве был включен Дм. Ив. в одну группу с Mg только 17 февраля 1869 г. О том, что глава 4 написана после этой даты, свидетельствует и тот факт, что Дм. Ив. здесь уже определяет разность между атомными весами у членов групп щелочных и щелочноземельных металлов [4, 122 и 157], что он стал делать также только начиная с 17 февраля 1869 г. и что привело его к открытию периодического закона.

Что касается вопроса о теплоте, то в особую главу (гл. 3) Дм. Ив. выделил его также, по-видимому, лишь после открытия периодического закона. Возможно, однако, что вначале Дм. Ив. главу 3 хотел посвятить щелочноземельным металлам и лишь впоследствии превратил ее в особую главу о теплоте.

Первым в главе 3 рассматривается вопрос о переходе от одной группы элементов к другой, близкой к ней, т. е. тот самый вопрос, ответ на который составил самую суть сделанного Дм. Ив. открытия, как только к его решению Дм. Ив. применил прием сличения атомных весов у элементов разных естественных групп. В этой главе Дм. Ив. еще не пользуется таким приемом, а потому можно заключить, что ее начало он писал еще до открытия периодического закона.

Глава 3 начинается так:

«В ряду галоидов мы видели, что фтор представляет переход, в некотором смысле, от хлора к кислороду... Так точно и в группе щелочных металлов, литий (Li, как F, имеет низший пай в ряду сходных) представляет переход к другой группе металлов (которые настолько же сходны с O, насколько щелочные металлы с галоидами), как магний, кальций и т. п.» [4, 104]. Видя в свойствах лития и его соединений «ясный переход от свойств Na к свойствам Mg», Дм. Ив. заключает:

«Таким образом литий составляет переход от щелочных металлов к, так называемым, металлам щелочных земель, представителями которых можно считать магний и кальций» [4, 104].

Как видим, здесь Дм. Ив. уже отмечает признак атомного веса при характеристике элементов, образующих собой переходы от одной группы к другой: низший пай у Li=7 в ряду сходных с ним щелочных металлов и переходное положение Li между Na и Mg; низший пай у F=19 в ряду сходных с ним галоидов и переходное положение F между Cl и O. Однако здесь еще нет сопоставления элементов разных групп по величине их атомных весов, хотя сближение нескольких элементов уже несомненно имеет место.

В дальнейшем, как известно, Дм. Ив. пошел по другому пути: он сблизил F=19 с O=16, с одной стороны, и с Na=23 — с другой, так что F оказался между Na и O (по величине своего

атомного веса), но не между О и Cl. В начале главы 3 намечается подход к такого рода сближению, когда Дм. Ив. указывает, что «пай кальция равен 40, а пай калия равен 39...» [4, 105].

В главе 3 Дм. Ив. подошел к вопросу о значении атомных весов при характеристике целых естественных групп еще и с другой стороны. Если атомные веса одноатомных элементов (галлоидов и щелочных металлов) были установлены достаточно твердо, то этого нельзя было сказать о двуатомных элементах, к изложению которых Дм. Ив. должен был перейти по окончании главы 2 части 2-й «Основ химии».

Еще за год до этого Дм. Ив. принимал $\text{Ca}=20$ (см. табл. 1), хотя для Mg, Sr и Ba он уже тогда принял не эквивалентные, а истинные атомные веса, как это он сделал позднее и для Ca (см. табл. 2). Однако Дм. Ив. не считал это окончательным решением вопроса, поскольку не было еще прямых экспериментальных доказательств, подтверждающих правильность истинных атомных весов у щелочноземельных металлов.

В связи с этим и возникла, очевидно, необходимость еще до описания группы щелочноземельных металлов рассмотреть свойство теплоемкости, значение которого (согласно закону Дюлонга и Пти) позволяет определять атомные веса. Дм. Ив. указывает, что «удвоенные пай элементов носят иногда название *термических пав.* Так, если $\text{H}=1$, $\text{Na}=23$, эквивалент $\text{Mg}=12$, $\text{Ca}=20$, $\text{Pb}=103.5$; термические же их пай суть $\text{Mg}=24$, $\text{Ca}=40$, $\text{Pb}=207$ » [4, 114]. Немного ниже Дм. Ив. замечает:

«Если бы были известны, с точностью, другие физические свойства разных представителей обоих металлических рядов Li, Na, K и Mg, Ca, Ba, то, конечно, они могли бы послужить для решения вопроса об атомном весе рассматриваемых элементов, как служит для того теплоемкость, но в настоящее время, кроме теплоемкости и плотности, ни одно почти свойство большого числа минеральных соединений не известно...»

Плотности в твердом виде соответственных соединений двух вышеупомянутых групп... не привели к каким-нибудь резким заключениям, могущим оказать влияние на принятие того или другого атомного веса элемента...» [4, 117—118].

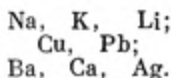
Таким образом, вопрос об истинных атомных весах щелочноземельных металлов, описание которых, как полагал Дм. Ив., должно было следовать непосредственно за описанием щелочных металлов, не был, по мнению Дм. Ив., окончательно решен. В связи с этим возникал общий вопрос о соотношении атомных весов у элементов различных групп и о значении атомных весов при переходе от одной естественной группы элементов к другой.

Наконец, как уже отмечалось выше, в начале 1869 г. Дм. Ив. необходимо было уточнить план 2-й части «Основ химии»,

первые главы которой он уже начал писать в то время. Хотя в наброске плана 1868 г. за щелочными металлами должны были следовать щелочноземельные металлы, однако при ближайшем уточнении дело оказалось значительно сложнее.

Уже в главе 1 части 2-й книги Дм. Ив. намечает несколько иной порядок следования одних металлов за другими, выделяя некоторые металлы в качестве промежуточных между щелочными и щелочноземельными. Он указывает на химическое различие между металлами, из которых одни (Na, K и Li) легко дают кислые соли и неспособны образовывать основные соли, другие (Cu и Pb) не дают кислых солей, но легко дают основные соли, третьи (Ba, Ca и Ag) трудно образуют и кислые и основные соли, но легко дают средние соли [4, 37].

В соответствии с этим можно было бы сопоставить следующие ряды металлов:



Примерно такое же сопоставление рядов металлов получалось при подходе к вопросу со стороны их атомности¹. Но уже в 1868 г. Дм. Ив. пришлось из ряда двуатомных элементов выделить S и ее аналоги, обладающие атомностью, кроме равной 2, также равной 4 и 6. Поэтому группу серы Дм. Ив. *отодвинул дальше* от одноатомных элементов (см. табл. 5 [доп. 4]).

Точно такая же задача возникла перед ним, когда из ряда двуатомных элементов выделилась группа металлов, обладающих атомностью, равной или двум, или единице. Очевидно, что если в первом случае S, Se и Te, выделившиеся из ряда двуатомных элементов, пришлось отодвинуть дальше от Na и его аналогов, то во втором случае металлы, обладающие атомностью, равной 1 и 2, следовало, исходя из тех же соображений, *привдвинуть ближе* к щелочным металлам. Следовательно, между щелочными металлами, дающими окислы состава R_2O , и щелочноземельными, дающими окислы состава RO, вклиниваются металлы как бы переходного типа, соединяющие в себе признаки обеих названных групп. Дм. Ив. пишет в конце главы 3 части 2-й своей книги:

«В химическом отношении лучшим доказательством справедливости такого отличия, какое выше установлено для металлов щелочных и щелочноземельных, могут служить те элементы, которые образуют две степени окисления и в высших степенях окисления содержат RO или RCl_2 , а в низших R_2O или RCl. Такие элементы в соединениях закиси R_2O аналогичны щелоч-

¹ Напомним, что первоначально Дм. Ив. предполагал излагать свою книгу, следуя распределению элементов по величине их атомности.

Na
K.
H₂
Ca
Ag
Pb
Ba

Фотокопия Ia.

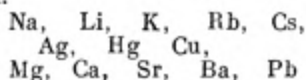
Ряд металлов одноатомных (щелочных), двуатомных (щелочноземельных) и переходных (составлен, возможно, при начале работы над первыми главами 2-й части «Основ химии» в начале 1869 г.).

Расшифровку и истолкование фотокопии Ia см. [доп. 5].

ным металлам, а в степенях окисления RO они представляют аналогию со щелочноземельными металлами... Такова, например, медь, образующая два окисла, Cu_2O и CuO и два соединения с хлором, CuCl и CuCl_2 ...» [4, 119].

Подобно Cu ведет себя и Hg. Недаром в наброске плана «Основ химии» 1868 г. с самого начала Hg и Cu поставлены рядом (см. табл. 3). Затем к ним было добавлено Ag, причем сначала после них, а затем переставлено вперед, перед ними (см. табл. 5 [доп. 4])

Таким образом, если руководствоваться указанными выше соображениями, то можно было бы сопоставить ряды металлов следующим образом:



Это несколько отличается от предыдущего расположения тех же металлов по их способности давать или не давать кислые и основные соли, в частности Ag и Pb здесь поменялись своими местами. Но в принципе здесь та же картина: между щелочными и щелочноземельными металлами вклиниваются третьи металлы, принимаемые за «переходные».

Одним из планов распределения металлов при изложении 2-й части «Основ химии» можно считать список семи металлов, записанных в виде столбца (см. фотокопию Ia).

По-видимому, этот столбец представляет собой один из первых вариантов плана 2-й части «Основ химии», который был составлен Дм Ив после того, как Na и другие щелочные металлы были перенесены из 1-й части во 2-ю при сохранении пока еще принципа распределения элементов по атомности. В этом столбце у Дм Ив сначала идут одноатомные металлы (Na и K), затем металлы, дающие окислы состава не только R_2O , но и RO (Hg, Cu и Ag), и, наконец, двуатомные металлы, дающие окислы состава RO, но не R_2O (Pb и Ba, перекрывший собою первоначально записанный Ca). Следовательно, этот столбец почти полностью совпадает с только что приведенным расположением рядов металлов.

В дальнейшем мы увидим, как у Дм. Ив. сформируются в момент открытия периодического закона новые группы элементов, одна из которых включит в себя Cu, Ag и Hg, другая — Ca, Ba и Pb. В конце концов Дм Ив. решил все же держаться первого наброска плана «Основ химии» (см. табл. 5 [доп. 4]) и не помещать между щелочными и щелочноземельными металлами каких-либо «переходных» металлов. Главу 3 своей книги он закончил так:

«Мы опишем сперва настоящие щелочноземельные металлы, а потом тот ряд металлов, который, по нашему мнению, может

быть рассматриваем как переход от одного ряда металлов к другому. Было бы, конечно, последовательнее описать сперва эти переходные металлы, но мы этого не делаем по той причине, что настоящие щелочноземельные металлы имеют и большее распространение в природе и более явственную характеристику, для них нет тех сомнений, какие существуют иногда для переходных металлов. Точно так же, как между щелочными и щелочноземельными металлами существуют переходные члены, так точно между щелочноземельными металлами и металлами, образующими еще высшие степени окисления, еще более сложные атомные соединения, существует ряд переходных элементов, и только принимая во внимание эти переходные члены есть возможность составить себе ясное представление о соотношениях различных групп металлов между собой» [4, 120—121].

Такое рассуждение Дм. Пв. не мог бы написать *после* 17 февраля 1869 г., так как к этому дню он уже установил, что между щелочными и щелочноземельными металлами, например между $\text{Ca} = 40$ и $\text{K} = 39$ или между $\text{Sr} = 87,6$ и $\text{Rb} = 85,4$, равно как между $\text{Ba} = 137$ и $\text{Cs} = 133$, нет никаких «переходных» элементов, что, следовательно, обе группы металлов *непосредственно примыкают* одна к другой и следуют одна за другой. Поэтому никакого отступления от такого распределения естественных групп элементов Дм. Пв. не делал, когда за описанием щелочных металлов (гл. 1 и 2) он переходил к описанию щелочноземельных металлов (гл. 3 и 4). Отсюда ясно, что заключительные слова главы 3, а следовательно, и вся эта глава (в ее первоначальном варианте) были написаны еще до 17 февраля 1869 г.

Сопоставим теперь между собой различные варианты распределения металлов, которые Дм. Пв. намечал в первых главах 2-й части своей книги (т. е. в начале 1869 г.), а также в приведенном выше рукописном столбце, составленном примерно тогда же (см. табл. 6 [доп. 5]). Мы здесь видим, что, исходя из различных соображений, Дм. Пв. во всех четырех случаях приходил к заключению, что между щелочными и щелочноземельными металлами существуют «переходные» металлы. В зависимости от характера свойства, взятого за основу для распределения, в число «переходных» могли попасть различные металлы: в двух случаях сюда попадают Cu , а вместе с нею, очевидно, Hg и Ag ; в третьем случае — Cu , Pb и, вероятно, Hg . В четвертом случае, по-видимому, только Ag .

Вскоре после того как Дм. Пв. приступил к изложению 2-й части «Основ химии», он составил новый, более разработанный план этой части своей книги (см. табл. 7 [доп. 6]). Этот план был наиболее полным из всех составленных ранее; но самым важным в нем было то, что между щелочными и щелочноземельными металлами отсутствовали какие-либо «переходные» ме-

таллы, так что обе названные группы непосредственно примыкали одна к другой.

Таковы были те вопросы, которые вставали перед Дм. Ив. в начале 1869 г. по мере того, как он работал над первыми главами 2-й части своей книги. К середине февраля 1869 г. Дм. Ив. вплотную подошел к открытию периодического закона; он нащупал и частично установил следующие важнейшие моменты, углубление которых непосредственно вело к этому открытию:

1) расположение элементов внутри отдельной естественной группы по возрастанию их атомных весов и соотнесение их свойств к величине атомного веса;

2) сопоставление групп несходных элементов, и прежде всего таких полярно-противоположных, как щелочные металлы и галлоиды;

3) обнаружение внутри названных групп правила, что атомный вес среднего члена равен полусумме атомных весов крайних членов: $\text{Br} = \frac{1}{2}(\text{Cl} + \text{J})$; $\text{Na} = \frac{1}{2}(\text{Li} + \text{K})$;

4) обнаружение сходства между названными группами в том, что их члены с наименьшим паем образуют переход к химически близким двуатомным элементам: $\text{F} = 19$ составляет переход от Cl к O ; $\text{Li} = 7$ — от Na к Mg ;

5) признание необходимости перехода от эквивалентных весов у щелочноземельных металлов к их истинным атомным весам;

6) сопоставление групп элементов, особенно металлов, и «вытягивание» их в общий ряд исходя из различных химических признаков;

7) отказ от соблюдения принципа атомности как основы для распределения элементов при переходе от описания щелочных металлов непосредственно к описанию щелочноземельных металлов, минуя «переходные» металлы.

Все эти и другие моменты, приведшие к открытию периодического закона, выступали при написании первых глав «Основ химии» более или менее разрозненно. Они не слились еще воедино, не привели еще к решающему выводу о том, что *надо сопоставить по величине атомных весов элементы разных групп и, руководствуясь этим сопоставлением, расположить группы элементов в последовательный ряд.*

Перечисленные моменты вплотную подвели Дм. Ив. к такому заключению, которое как бы одним ударом преодолеvalo все трудности и выясняло все нерешенные вопросы, возникшие перед ним в ходе написания первых глав 2-й части книги. Но применить идею о сопоставлении элементов по их атомным весам к элементам разных групп означало принять новый принцип распределения элементов и их групп и отказаться от принципа

распределения их по атомности. Принятие же нового принципа распределения элементов по величине атомных весов было непосредственным началом самого открытия периодического закона. Так это открытие рождалось из работы Дм. Ив. над «Основами химии».

В итоге всего сказанного можно довольно точно определить, что было написано Дм. Ив. до 17 февраля 1869 г. и что — после. Все говорит за то, что главы 1 и 2 были написаны до этой даты, т. е. еще до открытия периодического закона, а глава 4 — после. Глава же 3, очевидно, была начата (а может быть, и написана в первом варианте) также до 17 февраля 1869 г., а затем дописана уже после этой даты.

Следовательно, анализ содержания первых глав 2-й части «Основ химии» дает возможность воспроизвести общую картину, сложившуюся к моменту открытия периодического закона, включая и состояние работы Дм. Ив. над «Основами химии».

3. Что собирался делать Менделеев 17 февраля 1869 г.?

(Обследование артельных сыроварен)

Дм. Ив. был весьма разносторонним ученым. Он не ограничивался одной чисто теоретической работой, а принимал самое деятельное участие в практической жизни. При этом случалось так, что его практические интересы в данный момент были весьма далеки от тех теоретических вопросов, над которыми в этот же момент работала его мысль. Так это случилось и в тот период времени, которому посвящено наше исследование.

Надо сказать, что Дм. Ив. давно и очень сильно интересовался сугубо практическими вопросами сельского хозяйства. Он принимал самое близкое участие в деятельности Вольного экономического общества в Петербурге (коротко ВЭО), членом которого он состоял. Для проведения широких экспериментов по рациональному ведению сельского хозяйства Дм. Ив. купил еще летом 1865 г. имение Боблово (недалеко от Клина), где проводил свой отпуск и где часть года жила его семья.

Вскоре после этого ВЭО организовало в ряде северных губерний артельное сыроварение. Одним из инициаторов этого начинания был Н. В. Верещагин. В конце 1868 г., т. е. в то время как Дм. Ив. заканчивал выч. 2 своей книги, Верещагин обратился в ВЭО с просьбой прислать кого-нибудь из членов Общества для того, чтобы на месте обследовать работу артельных сыроварен.

Согласие на такого рода поездку выразил Дм. Ив. В декабре 1868 г. он обследовал ряд артельных сыроварен Тверской губернии (см. [доп. 7]). Для завершения начатого обследования нужна была дополнительная командировка.

За две с небольшим недели до дня открытия периодического закона Дм. Ив. дал согласие отправиться снова в Тверскую и другие губернии по делам артельного сыроварения и наметил срок выезда около 20 февраля 1869 г. [доп. 7].

Освободившись от того, что его задерживало в Петербурге, Дм. Ив. предпринимает в субботу 15 февраля (т. е. за два дня до открытия периодического закона) шаги к тому, чтобы оформить свой отъезд по делам ВЭО. В этот день Дм. Ив. пишет ректору Петербургского университета К. Кесслеру прошение следующего содержания:

«Его превосходительству,
Господину ректору Университета

Прошение профессора Д. Менделеева.

Имея поручение И. Вольного Экономического Общества осмотреть артельные сыроварни, устроенные при содействии общества, покорнейше прошу дать мне десятидневный отпуск с 17-го сего февраля в Новгородскую, Тверскую и Московскую губернии»¹.

На этом прошении имеется виза: «Разрешаю. К. Кесслер», а внизу сделана приписка: «15 февр{аля} выд{ано} свид{етельство} № 187». Первоначально это последнее имело следующее содержание, как о том можно судить по сохранившейся в деле Дм. Ив. копии:

«№ 187

Свидетельство.

Предъявитель сего ординарный профессор Императорского С-Петербургского Университета *Дмитрич Иванович Менделеев* уволен в отпуск в Новгородскую, Тверскую и Московскую губернии сроком по 28 февраля сего года: в удостоверение чего выдано г. Менделееву сие свидетельство для свободного проезда в означенные губернии и обратно.

С-Петербург, февраля 15 дня 1869 г.

Ректор С. Петербургского Университета»².

Итак, 15 февраля 1869 г. Дм. Ив. получил отпускное свидетельство и готовился к тому, чтобы в понедельник 17 февраля выехать из Петербурга минимум на 10 или даже на 12 дней, указанных в свидетельстве. Совершенно ясно, что в этот момент он не думал о том, чтобы немедленно приступить к какому-либо

¹ Подлинник хранится в ГИАЛО, ф. 14, д. 5646, св. 137, л. 193.

² Там же, л. 194.

новому научному исследованию, начало которого пришлось бы как раз на день намеченного отъезда, т. е. на 17 февраля 1869 г. К тому же обработка и публикация первых результатов этого исследования, а также внесение соответствующих добавлений в печатавшемся вып. 2 «Основ химии» потребовали бы по крайней мере две недели напряженнейшей работы, т. е. как раз то самое время, которое Дм Ив еще 15 февраля собирался посвятить делам ВЭО.

Было бы совершенно нелогично брать отпуск на 10 дней для того, чтобы обследовать сыроварни, и предпринимать в самый день выезда новое исследование, для осуществления которого необходимо было эти 10 дней провести в Петербурге. Если бы Дм. Ив мог наперед знать, что именно 17 февраля он займется новым химическим исследованием и что последующая обработка полученных результатов займет у него столько времени, то вряд ли 15 февраля (за 2 дня до открытия) он взял бы из университета отпускное свидетельство для поездки в ряд губерний начиная с 17 февраля 1869 г.

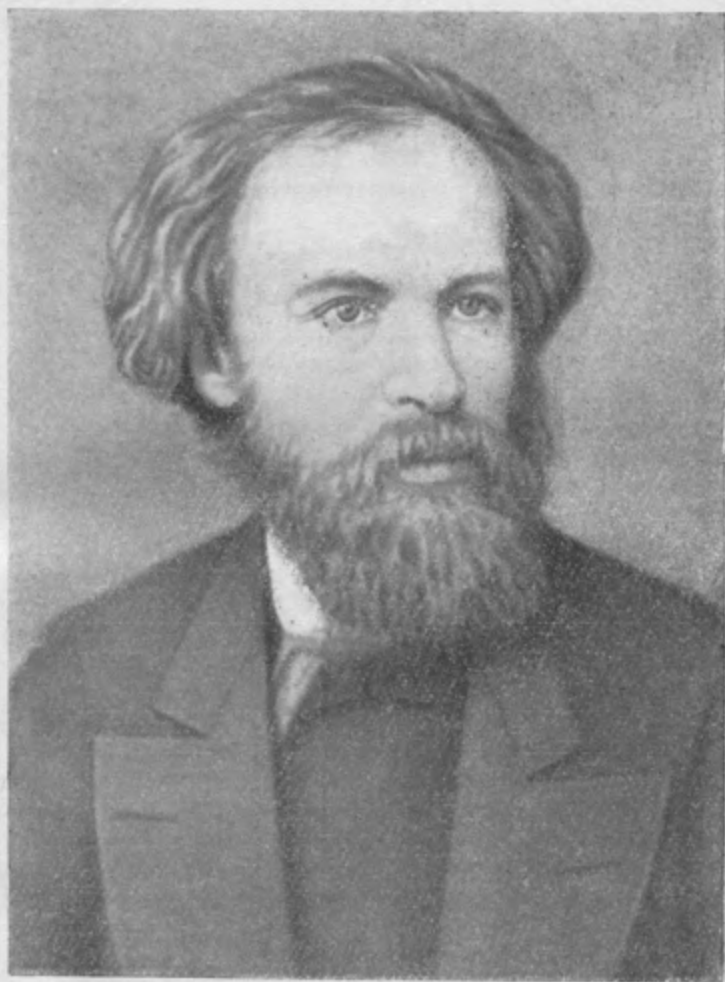
Как бы то ни было, но в субботу 15 февраля Дм.Ив., по-видимому, окончательно решил, что послезавтра, в понедельник 17 февраля, он выедет из Петербурга.

Мы не знаем, как он провел последний день перед открытием периодического закона. Это было воскресенье 16 февраля. Возможно, что в этот день Дм Ив. производил сборы к отъезду, подготавливал необходимые для обследования сыроварен материалы. Возможно также, что он доделывал кое-что в первых трех главах «Основ химии» или делал заметки для следующих глав. А может быть, он просто решил отдохнуть после большой, напряженной работы, сходить к знакомым или в театр. Никаких сведений об этом, повторяем, собрать не удалось.

Миновал последний день накануне 17 февраля 1869 г

Рассмотрим, как прошел день 17 февраля и какие события в жизни и творчестве Дм Ив его наполнили. Заметим, что в связи с этими событиями Дм Ив. не смог в намеченный срок выехать на сыроварни и вынужден был задержаться в Петербурге до начала марта 1869 г., т. е. недели на две. Все это время он был занят совершенством и обработкой открытия периодического закона и его первичной публикацией в виде таблицы элементов, напечатанной на отдельном листке¹.

¹ В дальнейшем под открытием периодического закона имеется ввиду составление таблицы «Опыт системы элементов» (см фотокопии V и XI). Отмечая, что это открытие было сделано 17 февраля 1869 г., мы подразумеваем что Дм Ив в течение этого дня составил лишь указанную таблицу. Однако, разумеется, это было только началом открытия.



Д. И. Менделеев. 1869 г.

ГЛАВА II

ДЕНЬ ОТКРЫТИЯ. ПЕРВАЯ ПОЛОВИНА

(Нахождение принципа. Первые пробы)

«...Я должен был остановиться на какой-нибудь системе простых тел, чтобы в распределении их не руководствоваться случайными, как бы инстинктивными побуждениями, а каким-либо определенно точным началом».

(Д. И. Менделеев, Соотношение свойств с атомным весом элементов.)

«Все в голове сложилось, а выразить таблицей не могу».

(Из разговора Д. И. Менделеева с А. А. Иностранцевым.)

День 17 февраля 1869 г. был во всех других отношениях самым обычным понедельником. Особое, можно сказать знаменательное, его значение состояло в том, что в этот день Дм. Ив. открыл периодический закон. Для того чтобы лучше рассмотреть, как протекало это открытие, выделим несколько стадий, которые оно прошло в течение одного этого дня. Такими стадиями были следующие:

- 1) начальная стадия, когда Дм. Ив. нащупал новый принцип распределения элементов, делая выкладки на только что полученном письме от Ходнева;
- 2) стадия составления первых двух неполных набросков основной части будущей системы элементов;
- 3) стадия составления карточек элементов для «химического ласьянса»;
- 4) решающая стадия — составление полного чернового варианта всей системы;
- 5) заключительная стадия — переписывание набело только что открытой системы элементов для опубликования ее в печати и отсылка переписанного текста в типографию.

В этой главе рассматриваются первые две стадии открытия.

1. С чего и как началось открытие периодического закона?

(Нахождение исходного принципа.

Первые заметки на письме Ходнева)

Итак, имея отпускное свидетельство в кармане и буквально «сидя на чемоданах», Дм. Ив. встретил утро понедельника 17 февраля 1869 г. Утром этого дня он получил от Вольного

ИМПЕРАТОРСКОЕ
ВОЛЬНОЕ ЭКОНОМИЧЕСКОЕ
ОБЩЕСТВО.

С. ПЕТЕРБУРГЪ.

17 февраля 1869 года.

№ 114

Милостивый Государь,

Дмитрій Ивановичъ,

Кипно мнѣ угодно имѣть Вася,
что Свѣтъ Вольнаго Экономическаго
Общества, принявъ съ благодар-
ностью готовность Вашу
осмотрѣть артельные сыроварни
Тверской губернии покуривъ мнѣ
покарговыми просьбы Вася, по
возвращеніи Вашемъ изъ этой
погѣдки, представитъ Свѣту
расходы, какой будетъ Ваши на
мѣхъ дѣланъ.

Нопомнѣе кимъ означеннаго
Свѣтѣмъ Д.и. дѣмъ Свѣта, кимъ дѣмъ.
Менделѣеву

Фотокопия II а.

Обращение Вольнаго экономического общества к Менделееву в связи
с обследованием артельных сыроварен (17 февраля 1869 г.)

препроводить же Ваше пришлое содержание,
доставленное с Временными востан-
шим артиллерийским мундиром в конце
1868 года, а также указание вопроса,
на решение коего было бы исполнено
почетного Совета обратиться высшему
Во время Вашего поезда

Вашему, Милостивый Государь, довер-
ние в совершенном поспешии и
преданности.

Л. С. Суворова

Фотокопия IIа.

(Окончание)

экономического общества два документа, оба за подписью секретаря Общества А. И. Ходнева: один — личное письмо Ходнева (см. фотокопию II), другой — извещение от имени Совета Общества (см. фотокопию IIa). Первому из них косвенно суждено было стать важным источником при выяснении истории открытия периодического закона благодаря записям, которые сделал на этом письме Дм. Ив. Оба документа касались поездки Дм. Ив. на артельные сыроварни [доп. 8].

Для того чтобы понять смысл сделанных Менделеевым записей на письме Ходнева, нужно учесть, что в тот момент Дм. Ив. уже не волновали законченные три первые главы (из них гл. 3 вчерне) 2-й части его книги. Они были уже написаны, и какие-либо новые вопросы они у него вряд ли вызывали. Но он напряженно думал над их продолжением, и прежде всего над главой, посвященной щелочноземельным металлам, и следующими главами, посвященными Zn, Cd, In и другим металлам. Вывод, к которому пришел Дм. Ив. в конце главы 3, был явно неудовлетворительным в теоретическом, познавательном отношении: с одной стороны, если исходить из принципа распределения элементов по атомности, принятого первоначально за исходный при построении всей книги, то вслед за щелочными металлами (гл. 1 и 2) следовало излагать не щелочноземельные, а «переходные» металлы — Cu, Ag, Hg (см. табл. 6 [доп. 5]). Это вытекало как бы из теоретических соображений.

Но, с другой стороны, практически было удобнее сначала изложить щелочноземельные металлы, а после них — «переходные» металлы: щелочноземельные металлы чаще встречаются, имеют более резко выраженную характеристику, лучше изучены нами, а главное — ближе стоят в химическом отношении к щелочным металлам, чем какие-либо другие элементы. Таковы были причины, по которым, как это до тех пор казалось Дм. Ив., лучше было бы от щелочных металлов переходить к щелочноземельным, минуя «переходные» и отодвигая их на третье место в последовательном ряду металлов.

Но ясно, что здесь получилась несогласованность и даже явное противоречие: теоретическая последовательность была установлена одна — надо было после щелочных металлов ставить «переходные» металлы, а ради удобства изложения приходилось от этого отказываться и вводить такое распределение элементов, которое исходило из субъективного соображения удобства и не имело под собой, казалось бы, никакой объективной теоретической основы.

Будучи убежденным материалистом в вопросах химии, Дм. Ив. не мог примириться с подобной уступкой субъективизму. Это заставляло его искать какой-либо иной теоретической, а значит, и объективной основы для доказательства того, почему

A ll - 180

K

Na H Sa

Ca Co Ly Pb Ky

Ca Mn Co Ni Fe Mn

S: D

23 39 85 183
141 24 65 112

19 15 20 21

7 12 32 56

Получивши, как вывешивали, Дина-
ри Иванову; известным именем,
нужно не писать о ней Д. Д. Общес-
ва ректору Университета в Ва-
тисе, отпуская для осмотра ар-
тектики андроваров и не ко-
рой срок.

Искренне преданный и ува-
жительный Вас

A. H. Hagnel

(на обороте)

17 февраля 1869 г.

Фотокопия II.

Письмо Ходнева с первыми выкладками и сопоставлением групп элементов по величине атомного веса их членов, сделанными Менделеевым (17 февраля 1869 г.).

Расшифровку см. в табл. 3а [доп. 9]

за щелочными металлами должны не случайно, а вполне закономерно следовать именно щелочноземельные, а вовсе не так называемые «переходные» металлы. Если бы такое новое теоретическое объяснение удалось отыскать, то тем самым принятый уже в вып. 3 книги порядок расположения элементов был бы освобожден от налета субъективизма и получил бы прочное объективное обоснование.

Естественно поэтому, что приведенное соображение упорно направляло мысль Дм. Ив. на поиски такой закономерности, которая оправдывала бы то распределение металлов, по крайней мере в части первых двух рядов, которое было отражено во всех трех вариантах плана «Основ химии» (см. табл. 8 [доп. 6]) в противоположность тому распределению, которое искусственно навязывалось принципом атомности (см. табл. 6 [доп. 5]).

С наибольшей остротой такой вопрос мог возникнуть при завершении первых трех глав вып. 3 книги, т. е. в тот момент, когда Дм. Ив. вплотную подошел к написанию следующей главы, которую следовало посвятить либо щелочноземельным, либо «переходным» металлам. В такой именно момент и застало Дм. Ив. письмо Ходнева.

В настоящее время, разумеется, нам ясно, что оправдать закономерность перехода от щелочных металлов непосредственно к щелочноземельным можно было путем сопоставления атомных весов тех и других: $\text{Ca}=40$ с $\text{K}=39$, $\text{Sr}=87,6$ с $\text{Rb}=85,4$ и т. д. К такому сопоставлению Дм. Ив. непрерывно приближался, работая над первыми главами 2-й части своей книги, и решающий момент наступил утром 17 февраля 1869 г.

Рассмотрим теперь карандашные заметки, сделанные Дм. Ив. на письме Ходнева, которые раскрывают начальный момент открытия периодического закона и показывают первые пробы Дм. Ив. сопоставить атомные веса несходных элементов и их групп¹.

В этом отношении огромный интерес представляет запись, сделанная на нижней части оборота письма Ходнева. Здесь сопоставлены атомные веса двух групп: щелочных металлов и аналогов Zn . Правда, символы элементов здесь не записаны, но во всех случаях, кроме одного — лития (об этом говорится в [доп. 9]), видно совершенно ясно, к какому элементу относится то или иное значение атомного веса.

Если в фигурные скобки поставить отсутствующие символы элементов, а сомнительный случай отметить знаком вопроса, то рассматриваемая запись примет следующий вид:

¹ См. фотокопию II и ее расшифровку в табл. 8а [доп. 9].

{Na}	23	{K}	39	{Rb}	85	{Cs}	133
{2Li?}	14	{Mg}	24	{Zn}	65	{Cd}	112
	9		15		20		21

Очень важно, что здесь впервые за время работы над «Основными химии» Дм. Ив. сопоставил атомные веса элементов двух групп *несходных* элементов с целью определить их *разности*. В связи с этим сначала записываются элементы с большими атомными весами, под ними — элементы с меньшими атомными весами, затем, как обычно, проводится черта и определяется разность путем вычитания нижнего числа из верхнего числа.

Правда, здесь Дм. Ив. еще не сопоставляет группы элементов с *ближайшими* по величине атомными весами. Поэтому разности после вычитания получаются слишком большие и весьма не одинаковые (от 9 до 21), причем между каждой парой сопоставленных элементов может быть включено по несколько других элементов с промежуточными значениями атомных весов. Так, между $Mg=24$ и $K=39$ могут встать $Al=27,4$, $Si=28$, $P=31$, $S=32$, $Cl=35,5$; между $Zn=65$ и $Rb=85$ могут встать $As=75$, $Se=79,4$, $Br=80$ и т. д.

Между тем было бы гораздо естественнее при выяснении того, как распределяются металлы, сближать их группы вплотную и определять, какая группа следует непосредственно за данной (т. е. за группой щелочных металлов). Для этого следовало, например, вычесть не $Mg=24$ из $K=39$, а $Na=23$ из $Mg=24$. В таком случае разности в атомных весах между двумя членами смежных групп сразу же обнаружили бы явную закономерность.

В полученных же разностях еще не видно никакой правильности, кроме того, что они последовательно возрастают, причем довольно значительно: разность в последнем столбце в $2\frac{1}{2}$ раза больше, чем в первом столбце; только в двух последних столбцах разности получились почти одинаковыми.

Далее, здесь Дм. Ив. сопоставил щелочные металлы не с группой наиболее несходных с ними элементов (галогенов), а с группой хотя и несходных с ними, но значительно более близких к ним металлов, — аналогов Zn . Но важно не это, а важен сам по себе решающий шаг, сделанный Дм. Ив. и положивший начало всему дальнейшему развитию зарождающегося открытия: сопоставлены по величине атомных весов две группы *несходных* (не существенно — каких именно) элементов.

Отсюда уже один только шаг к тому, чтобы сопоставить по величине атомных весов щелочные металлы, с одной стороны, с галогенидами, а с другой стороны — со щелочноземельными металлами. Тогда разом решаются две крупнейшие задачи: теоретически оправдывается, во-первых, переход от 1-й части «Основ

химии» (закончившейся галоидами) ко 2-й их части (начинающейся щелочными металлами) и, во-вторых, переход от этих последних (изложенных в гл. 1 и 2 части 2-й) к щелочноземельным металлам (намечаемым в гл. 4) через особую главу о теплоемкости, дающую ключ к определению истинных атомных весов щелочноземельных и других металлов (гл. 3).

Важно еще раз отметить, что для Дм. Ив. в середине февраля 1869 г. наиболее существенным был вопрос о том, какая группа металлов должна следовать за Na и его аналогами, ибо это был назревший вопрос всей текущей работы Дм. Ив. над его книгой. Не случайно поэтому записи Дм. Ив., сделанные на оборотной стороне письма Ходнева, начинаются с группы щелочных металлов с последующим переходом от них либо к Ba, Sr и Ca (см. запись вверху страницы), либо к Mg, Zn и Cd (см. запись на странице внизу).

Вопрос об истинных атомных весах, а значит, и о значении теплоемкости для их определения возник перед Дм. Ив. сразу же, как только он начал сопоставлять группы несходных элементов по величине атомных весов.

Важно обратить внимание еще на одно обстоятельство: Дм. Ив. составил здесь новую группу элементов, которая отсутствовала у него в предыдущих записях, связанных с «Основами химии». Эта группа включила в себя, если судить по приводимым атомным весам ее членов, 4 металла, располагаемых в порядке возрастания принятых тогда для них атомных весов:

$$? \text{Li} = 7; \quad \text{Mg} = 24; \quad \text{Zn} = 65; \quad \text{Cd} = 112.$$

Правда, Zn и Cd Дм. Ив. сопоставил уже в раннем плане «Основ химии», относящемся к началу 1869 г. (см. табл. 7 [доп. 6]), а сопоставление Zn с Mg намечалось в предыдущей записи, сделанной на письме Ходнева; но в качестве особой группы перечисленные металлы Дм. Ив. представил здесь впервые.

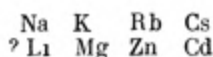
В связи с этим нужно отметить, что в своей первой статье о периодическом законе, написанной вслед за сделанным открытием, Дм. Ив. ссылается на группировку элементов по Кремерсу. При этом он приводит следующие ряды, составленные Кремерсом, которые ему были, несомненно, известны задолго до 1869 г. [2, 6]:

литий, натрий, калий;
магний, цинк, кадмий;
кальций, стронций, барий.

Как видим, здесь вслед за группой щелочных металлов идет группа магния, цинка и кадмия в качестве промежуточной, «переходной» между щелочными и щелочноземельными металлами. Если из первой строки литий передвинуть во вторую, подписав его под натрием, то получится как раз то, что было за-

писано Дм Ив внизу на письме Ходнева Можно поэтому предположить, что Дм Ив первоначально, при первых выкладках, которые он стал делать на письме Ходнева, решил проверить, не нужно ли непосредственно после щелочных металлов описывать именно группу магния, цинка и кадмия, как это следовало бы делать согласно приведенной только что классификации Кремерса

Наконец, анализ записей Дм Ив на письме Ходнева позволяет ответить еще на один весьма существенный вопрос каким путем пришел Дм Ив к своему открытию? В главе VI нашей книги мы ответим на этот вопрос подробно Сейчас же ограничимся следующим кратким замечанием записи Дм Ив на письме Ходнева свидетельствуют о том, что Дм Ив начал делать свое открытие с сравнения групп несходных элементов по величине их атомных весов Если не считать сопоставления Cl с K в верхнем углу листа, то можно сказать, что на первом, начальном этапе своего открытия Дм Ив сопоставил две группы, охватывающие всего 8 элементов (один из них под вопросом)



Это сопоставление двух групп (содержавших 8 элементов) и составило первый этап открытия периодического закона Дм Ив в день 17 февраля 1869 г

Вполне естественно, что, найдя новый принцип — сравнение групп несходных элементов по атомным весам, Дм Ив сейчас же должен был попытаться распространить его, если не на все, то на возможно большее число элементов, только так можно было бы убедиться в общности и правильности этого принципа, в его применимости для преодоления затруднений, возникших у Дм Ив при изложении 2-й части «Основ химии», т е в практической пригодности и плодотворности этого принципа

Чтобы проверить все это, надо было сопоставить сразу не две произвольно выбранные группы, а несколько групп, причем сопоставить их так, чтобы они вплотную примкнули одна к другой без образования громадных пустых промежутков, как это еще имело место в записях на письме Ходнева при сопоставлении группы Na с группой Mg

Но обратная сторона письма Ходнева была уже полностью исписана Для продолжения записей необходимо было взять чистый лист бумаги, причем по своим размерам достаточно большой для того, чтобы на нем можно было сделать дальнейшие выкладки Так Дм Ив и поступает

Вместе с этим само открытие вступило во вторую фазу своего развития

2. Начало табличной разработки центральной части будущей системы элементов (Верхняя неполная табличка)

Можно предположить, что, ухватившись за только что найденный принцип распределения элементов, Дм. Ив. попытался провести его строго и последовательно применительно сначала к самым изученным группам несходных элементов, с тем чтобы потом распространить его и на остальные группы элементов, т. е. на все элементы вообще [доп. 10].

Поэтому, беря чистый листок бумаги, Дм. Ив. стремился прежде всего к тому, чтобы составить ядро будущей системы, ее стержневую (центральную) часть из наиболее известных элементов и их групп. Такая попытка отразилась в табличках, которые примыкают к записям на ходневском письме и непосредственно следуют за ними (см. фотокопию III).

Листок бумаги с названными табличками имеет дату: 17 февраля 1869 г. Это облегчает установить хронологическую последовательность написания обеих таблиц, а также других, предшествующих и последующих им записей Дм. Ив. Упомянутый листок бумаги содержит две таблички — верхнюю и нижнюю: обе они неполные. Рассмотрим каждую из них в отдельности. Начнем с верхней, ибо очевидно, что она была составлена ранее нижней.

Прежде всего Дм. Ив., по-видимому, заполнил три верхние строки, находящиеся под датой, занеся на них группы F, O и N. Вслед за тем, пропустив одну строку, он записал группу H—Cu (см. табл. 9 [доп. 11]).

При этом соблюдался тот же порядок записи, какой был установлен Дм. Ив. при записывании двух групп на нижней части оборота письма Ходнева, а именно: 1) каждая группа элементов записывалась сразу в строчку, в порядке возрастания атомных весов ее членов; 2) члены следующей группы подписывались под членами предыдущей группы так, что большие атомные веса оказывались над меньшими, образуя вертикальные столбцы, как это делается обычно при арифметических расчетах (при вычитании).

Отличие записей, которые Дм. Ив. стал делать на новом листке бумаги, от его записей на ходневском письме состояло в том, что теперь он начал сопоставление групп элементов не со щелочных металлов, а с галоидов; поэтому в порядке убывания атомных весов за галоидами должны были идти неметаллы («металлоиды») — группа O, группа N и группа C.

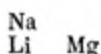
Иными словами, если в записях, сделанных на письме Ходнева, Дм. Ив. пытался подойти к решению общей задачи распределения элементов (т. е. к выработке общей системы элемен-

тов) со стороны *металлов*, то здесь он попытался подойти как бы с прямо противоположного конца — со стороны *неметаллов* («металлоидов»).

В соответствии с этим если в записях на письме Ходнева Дм. Ив. пытался определить место Li в качестве образующего переход от Na к Mg, то теперь, в рассматриваемой табличке, он определил место F в качестве образующего переход от Cl к O:

$$\begin{array}{l} F=19 \quad Cl=35,5 \\ O=16 \end{array}$$

На этот раз решение вопроса оказалось несравненно более удачным и в основном правильным, нежели предыдущее, когда устанавливалось следующее расположение металлов:



Другое отличие новых записей от сделанных на ходневском письме заключалось в том, что теперь Дм. Ив. стал стремиться *плотную* сблизить сопоставляемые группы несходных элементов, сделать их непосредственно следующими одна за другой. Подписывая новую группу элементов, он стремился к тому, чтобы ее члены максимально приближались бы по величине своего атомного веса к членам последней из записанных ранее групп.

Другими словами, Дм. Ив. *стремился избежать пропусков* между двумя значениями атомных весов, подписанных один под другим так, чтобы между ними нельзя было поместить элементы с каким-либо промежуточным значением атомного веса. Например, за $F=19$ *непосредственно* следует $O=16$, и нет никаких других элементов с атомным весом, лежащим между 16 и 19; точно так же за $Bg=80$ *непосредственно* следует $Se=79$, и нет другого какого-либо элемента с атомным весом, промежуточным между 79 и 80, и т. д.

Следует отметить еще одну особенность хода мысли Дм. Ив., проявившуюся при сопоставлении группы N со вновь образованной группой H — Cu. Эта особенность состоит в том, что если раньше на письме Ходнева Дм. Ив. эмпирически вычислял разность атомных весов, сопоставляя две группы несходных элементов, то теперь он, по-видимому, попытался подойти к этому вопросу теоретически: по заданной разности атомных весов (равной 13 или близкой к 13) определить, какие элементы входят в одну группу с H.

Если же среди известных элементов обнаруживались не все члены, отвечающие такому требованию, то Дм. Ив. вводил некоторые предполагаемый элемент, приписывая ему такой атомный вес, который отвечал бы поставленному условию. Так возник предполагаемый аналог H с атомным весом $?=18$.

Здесь еще нет теоретического *предсказания* того, что такой элемент $?=18$ должен существовать в действительности. Но важно, что самый *подход* Дм. Ив. к решению задачи здесь, по-видимому, впервые привел его к необходимости ввести предположительный член, дабы восполнить образующийся пропуск в данном ряду. Этот теоретический подход к определению атомных весов у членов сопоставляемых групп, в отличие от чисто эмпирического подхода, целиком уже опирается на *допущение общей закономерности в изменении атомных весов*. Можно поэтому сказать, что в приведенном случае уже налицо первые намеки на мысль о существовании такой общей закономерности.

Табл. 9 отразила собой первый момент составления верхней таблички элементов, когда она охватила собой только 15 элементов и когда в ней было сопоставлено только 4 группы. Вслед за тем Дм. Ив. продолжал включать в начатую уже табличку новые группы элементов, следуя принятому вначале порядку — сближать их вплотную без промежутков и пропусков (см. табл. 10 [доп. 11]).

Так, он записал непосредственно под группой N группу C, а под группой H и Cu — группу Mg, Zn и Cd и группу Na. Обе последние группы уже фигурировали в заметках, сделанных на письме Ходнева (см. нижнюю часть фотокопии II).

После занесения группы C в верхнюю табличку первый столбец таблички оказался образованным из четырех органогенных элементов, примыкающих к F, который открывал собою ряд галоидов. Другими словами, галоиды (первая строчка таблички) и органогены (первый столбец таблички) расположились под прямым углом относительно друг друга, и F составил переход от первых ко вторым:

F	Cl	Br	J
O			
N			
C			
H			

Это были как раз все те элементы, описание которых было дано в 1-й части «Основ химии». При этом в общем сохранился и порядок следования этих элементов друг за другом с той только разницей, что одноатомный H как бы поменялся местом с одноатомным же галоидом.

Следовательно, соблюдалось расположение элементов и в порядке возрастания их атомности:

от 1 (у F и его аналогов) к 2 (у O), 3 (у N), 4 (у C) и далее вновь к 1 (у H).

В 1-й же части книги следование было таким:

от 1 (у H) к 2 (у O), 3 (у N), 4 (у C) и далее вновь к 1 (у Cl, F, Br и J).

Возник вопрос о том, как от органоидов и галоидов, описанных в 1-й части «Основ химии», перейти к металлам и тем «металлоидам» (неметаллам), рассмотрению которых отводилась 2-я часть книги. Почти все неметаллы оказались уже естественным образом включенными в таблицу при подписывании группы О под группой F и группы N под группой О (см. табл. 9 [доп. 11]).

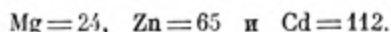
Последний явный неметалл Si (если не считать В) оказался введенным вместе с группой С и т. д.

При занесении группы Н и Cu в табличку к предыдущим группам были подключены два «переходных» металла Cu и Ag, а вместе с С и Si подключились еще два металла: Zr и Sn, причем второй встал на свое естественное место.

Помещение же Zr=89 под As=75 было неестественным; поэтому Дм. Ив. сначала снимает Zr с данного места, оставляя его пустым (см. нижнюю табличку на фотокопии III), а затем ставит Zr справа от этого места, открывая промежуточный столбец между основными столбцами Br, Se, As и т. д. и J, Te, Sb, Sn и т. д. (см. полную черновую таблицу элементов, изображенную на фотокопии IV, а также [6, 114]).

Таким образом, несоответствие Zr=89 месту под As=75 влекло за собой необходимость снятия Zr с этого места; отсутствие же среди известных элементов такого элемента, который бы подошел сюда по своим химическим свойствам и по атомному весу (последний должен быть лишь немного меньше, чем у As), заставляло оставить это место пустым. Тем самым открывался путь к предсказанию новых, еще не открытых элементов и их основных свойств [6, 128—129].

Вслед за Cu и Ag Дм. Ив. ввел в свою табличку группу «промежуточных» металлов, которую он составил еще в своих записях на письме Ходнева; это были за вычетом Li:



Они ближе всего подходили по величине атомных весов к расположенным выше Si=28 и Sn=118, хотя оказывались несколько больше Cu=63 и Ag=108, записанных уже под группой С.

Затем строчкой ниже группы Mg, Zn и Cd Дм. Ив. записал группу щелочных металлов, начиная с Li=7 и кончая Rb=85 (см. табл. 10).

Таким образом был найден переход от неметаллов к наиболее сильным металлам через так называемые «переходные» металлы, но лишь с той разницей, что теперь эти металлы образовали собою переход не между щелочными и щелочноземельными металлами, а между неметаллами и щелочными металлами.

Вопрос о Li приобретал при этом новый интерес, так как при непосредственном примыкании $\text{Na}=23$ к $\text{Mg}=24$ отпадала необходимость рассматривать Li как металл, переходный от Na к Mg, и отрывать Li от остальных щелочных металлов, ставя его в одну группу с Mg, Zn и Cd и удваивая с этой целью его атомный вес, как это было сделано Дм. Ив. на письме Ходнева.

Теперь $\text{Li}=7$ был включен в первый столбец и оказался в одном ряду с Na, K и Rb.

Однако положение Li под $\text{H}=1$ было неестественным. Но, чтобы разрешить эту трудность, Дм. Ив. должен был образовать новый столбец из наиболее легких элементов в качестве первого столбца своей таблицы. К этой мысли он пришел немного позднее, когда заканчивал составление нижней таблички (см. фотокопию III).

Неестественным было включение не только $\text{Li}=7$ под $\text{H}=1$, но и $\text{Mg}=24$ под $?=18$, $\text{Zn}=65$ под $\text{Cu}=63$ и $\text{Cd}=112$ под $\text{Ag}=108$. Все это ставило перед Дм. Ив. вопрос о необходимости переноса группы $\text{H}, ?=18, \text{Cu}$ и Ag на другое место.

Итак, табл. 10 отражает второй момент составления верхней таблички, когда в нее оказались включенными уже не 4, а 6 группы, охватывающих уже не 15, а 26 элементов.

Следующий, заключительный момент составления верхней таблички отражен в табл. 11 [доп. 12]. Он включает здесь в себя прежде всего перенос группы $\text{H}, ?=18, \text{Cu}$ и Ag с первоначального места на другое и помещение ее двумя строками ниже, между группой Mg, Zn, Cd и группой Li — Na. Такой перенос Дм. Ив. произвел, не вычеркнув, однако, $\text{H}=1, ?=18, \text{Cu}=63$ и $\text{Ag}=108$ с первоначального их места.

После переноса неестественность положения $\text{Li}=7$ под $\text{H}=1$ осталась в силе; вместе с тем после этого переноса между группой C и группой Mg, в самом центре таблички, освобождалась целая строчка; в итоге между $\text{Si}=28$ и $\text{Mg}=24$ образовывался явный разрыв, так же как и между $\text{Sn}=118$ и $\text{Cd}=112$.

В первом случае между Si и Mg мог бы стать $\text{Al}=27$. В таком случае перед Al, т. е. перед местом между Si и Mg, на котором ранее стояло $?=18$, должен был бы встать Be, который считался тогда трехатомным металлом и ближайшим аналогом Al. Но так как эквивалент Be равен 4,7, то признание трехатомности Be влекло за собою приписывание ему атомного веса $4,7 \times 3=14,1$. Элемент с таким атомным весом не мог бы поместиться во втором столбце между $\text{Si}=28$ и $\text{Mg}=24$, но он не мог бы поместиться и в первом столбце под $\text{C}=12$ (на месте, ранее занятом $\text{H}=1$).

Поэтому в случае включения Be в табличку ему следовало бы отвести место между двумя первыми столбцами, т. е. в промежутке между местами, на которых до этого стояли $\text{H}=1$ и

?=18. Так это и делает Дм. Ив., помещая на такое промежуточное место Ве? (см. табл. 11).

Было бы неправильно полагать, что Дм. Ив. приписал здесь Ве атомный вес 18, ибо для этого надо было бы счесть Ве за четырехатомный металл ($4,7 \times 4=18,8$), на что не имелось ни малейшего основания. К тому же в таком случае Ве=18 следовало поместить между четырехатомными элементами С=12 и Si=28, но не там, где записал его Дм. Ив.

После всех этих перестановок и дополнений один вопрос, причем весьма существенный, оставался еще неясным: куда поместить группу Са, Sr и Ва? Важность этого вопроса определилась задолго до этого, в процессе работы Дм. Ив. над 2-й частью «Основ химии». Тогда еще этот вопрос встал как вопрос о нахождении естественного, закономерного перехода от группы Na к группе Mg и Са.

С момента записей на письме Ходнева Mg оказался оторванным от Са, Sr и Ва; в рассматриваемой (верхней) табличке он был уже приведен в непосредственную связь с Na. Если бы за Mg следовал не Zn=65 и Cd=112, а Са=40 и Sr=87, то уже в верхней табличке все щелочноземельные металлы могли быть приведены в непосредственную связь со щелочными металлами. Но Mg был теперь связан уже не с Са, Sr и Ва, а с Zn и Cd.

Поэтому, для помещения Са=40 после Mg=24 в одну строку с ним, требовалось разрушить вновь сформированную группу, которая явилась итогом записей, сделанных на письме Ходнева, и которая сохранялась Дм. Ив. в дальнейших выкладках.

Стремясь сохранить целостность группы Mg, Zn и Cd, Дм. Ив. лишил себя возможности сразу определить место Са=40, Sr=87, и Ва=137 над К=39, Rb=85 и Cs=133. К тому же Cu=63 и Ag=108, вставшие под К=39 и Rb=85, вплотную примкнули уже к Zn=65 и Cd=112.

Тем самым разрушение только что образованной группы Mg, Zn и Cd влекло бы за собой нарушение установленной уже близости между ее членами и членами группы Cu и Ag, записанными ниже.

На данном этапе составления таблицы элементов Дм. Ив. не пошел на такие изменения, а потому приписал группу Са, Sr и Ва в самом верху таблички, над Cl, Br и J (см. табл. 11, [доп. 12]). При этом сначала он описался и над Br записал Ва, который потом исправил на Sr. Описка эта объясняется тем, что в своих записях Дм. Ив. часто пишет щелочноземельные элементы не по величине их атомных весов, а в таком порядке: Са, Ва, Sr [6, 105—106]; [4, 107].

Очевидно, нельзя было считать щелочноземельные металлы вплотную примыкающими к галоидам по величине атомных

весов, ибо между $\text{Ca}=40$ и $\text{Cl}=35,5$ мог поместиться $\text{K}=39$ и т. д. В силу этого верхняя табличка не могла считаться установленной окончательно даже в своей центральной части, так как самый принцип — сближать группы несходных элементов *вплотную* по величине атомных весов их членов — не был выдержан в ней последовательно.

Для последовательного проведения этого принципа требовалось прежде всего поместить $\text{K}=39$ между $\text{Ca}=40$ и $\text{Cl}=35,5$ и т. д., т. е. сблизить непосредственно с галоидами не щелочно-земельные, а щелочные металлы. К такому выводу не мог не прийти Дм. Ив. в итоге составления своей верхней таблички.

Наконец, уже к концу составления верхней таблички Дм. Ив. внес в нее $\text{Hg}=200$ (см. табл. 11 [доп. 12]).

Итак, табл. 11 представляет собою заключительный момент составления указанной таблички, когда общее число сопоставленных в ней групп достигло 7 (не считая Be), а общее число вошедших в нее элементов — 31 (включая Be), т. е. половины всех известных в то время элементов. При этом число основных столбцов увеличилось от 4 до 5 и наметился первый промежуточный столбец.

Однако несмотря на то, что осталось включить в таблицу еще почти столько же элементов (32), сколько их было уже включено, нельзя было считать, что задача решена уже наполовину. В самом деле: в верхнюю табличку, за редким исключением (например, за исключением Be и Zr), вошли самые известные, хорошо изученные элементы, 13 из которых Дм. Ив. уже успел описать в «Основах химии» (в 1-й части и в 1 и 2-й главах 2-й части); к рассмотрению других он вплотную подошел и уже изучил их с точки зрения их взаимного распределения (Ca , Sr и Ba ; Cu , Ag и Hg ; Mg , Zn и Cd — всего 9 металлов).

Изложение материала об аналогах O , N и C также не вызвало каких-либо затруднений.

Что же касается оставшихся 32 элементов, еще не включенных в таблицу, то в их число, кроме изученных элементов, входили все малоисследованные элементы, химические свойства и атомные веса у которых не были достаточно хорошо изучены и вообще не были установлены достаточно точно. А без этих данных включение их в общую таблицу элементов не могло не вызвать огромных трудностей и неясностей.

В табл. 12 изображен общий результат, достигнутый Дм. Ив. при составлении верхней таблички элементов (см. [доп. 12]).

3. Возникновение трудностей в ходе дальнейшей разработки будущей системы элементов (Нижняя неполная табличка)

При составлении нижней таблички Дм. Ив. учел положительный результат, достигнутый в ходе предшествующей своей работы по сопоставлению групп элементов.

По-видимому, Дм. Ив. начал здесь с того, что переписал центральную часть будущей системы элементов (не всю, а только шесть ее строк); при этом уже с самого начала он перенес группу Na (но без Li) на верх таблички, поставив ее на естественное место между группой Ca и группой Cl (см. табл. 13 и 14 [доп. 13]).

Переносом щелочных металлов наверх в нижней табличке и постановкой их между группой Ca и группой Cl была, наконец, преодолена та трудность, которая встала перед Дм. Ив. при написании 2-й части «Основ химии», точнее сказать, при переходе от изложения щелочных металлов (гл. 1 и 2) к изложению щелочноземельных металлов (гл. 3 и 4). Теперь выяснилось, что это вовсе не было вопросом одного лишь удобства, а, напротив, это было вполне закономерным переходом, вытекающим из объективной закономерности, присущей самим элементам. Никаких «переходных» элементов между группой Na и группой Ca не оказалось. Обе группы *вплотную* примкнули одна к другой по величине атомных весов их членов.

Впоследствии Дм. Ив. указывал, что по самому существу периодического закона между двумя соседними элементами (например, между $K=39$ и $Ca=40$ и т. д.) не только нет, но и не может быть переходных, промежуточных элементов. «...По периодическому закону, — отмечал Дм. Ив. далее, — не может быть и элемента, промежуточного между N и O, с атомным весом, большим 14 и меньшим 16, или между K и Ca» [1, 258].

Итак, уже в начале составления нижней таблички (см. табл. 13) в нее было включено 6 сопоставленных друг с другом групп, в которые вошли 23 элемента.

Вполне естественно, что, после того как основной костяк будущей системы был записан на бумаге, возникла необходимость проверить, отвечает ли такое распределение принципу сближения несходных элементов разных групп по величине атомных весов их членов (см. табл. 14 [доп. 13]).

Тут важно отметить следующее: судя по характеру записей цифр и по тому, с какой стороны символа элемента помечены числа атомных весов ранее уже занесенного в табличку символа элемента, можно предположить, что атомные веса вписывались *не строчками, а столбцами*, т. е. не в порядке групп элементов, а в порядке их будущих *периодов* (см. фотокопию III).

Тщательная проверка, произведенная Дм. Ив. (см. табл. 14 [доп. 13]), установила, что принцип сближения групп несходных элементов вплотную одна к другой по величине атомных весов их членов оказался вполне выдержанным для всех 23 элементов (кроме одного лишь Те); всюду атомные веса убывали при переходе сверху вниз на несколько единиц и так, что в промежутке между каждой парой сближенных элементов нельзя было поставить какой-либо элемент с промежуточным значением атомного веса (если не считать пропуска между $C=12$ и $Li=7$).

Но особенно важно подчеркнуть, что атомные веса вписывались именно столбцами, а не в строчку. Это означает, что уже к этому моменту Дм. Ив. стал рассматривать связи элементов в составляемой им таблице не только в разрезе групп (по горизонтали), но и в разрезе будущих рядов и периодов (по вертикали).

Трудно, конечно, сказать, сложилась ли уже к этому моменту (см. табл. 14 [доп. 13]) у Дм. Ив. сама мысль о периодичности изменения свойств элементов с изменением их атомных весов, но безусловно ясно, что к такой мысли Дм. Ив. подошел вплотную. Она уже сквозит в том, что атомные веса Дм. Ив. приписал здесь элементам, рассматривая элементы расположенными уже не группами (в строчки), а периодами (столбцами), хотя еще и не полными, еще не сомкнувшимися в единый ряд элементов по величине их атомных весов.

В этом — огромное значение того момента в составлении нижней таблички, который отражен на табл. 14 [доп. 13]. Однако в дальнейшем Дм. Ив. продолжает заносить элементы в свою таблицу горизонтальными рядами (т. е. группами), а не вертикальными столбцами (т. е. не периодами), за исключением, возможно, пятого основного столбца и первого промежуточного (см. табл. 16 [доп. 14]).

После того как проверка показала, что принятый принцип сближения несходных элементов вплотную по величине их атомных весов нигде не нарушен, можно было идти дальше, другими словами, можно было продолжать переносить группу элементов из верхней таблички в нижнюю, а одновременно попытаться расширить нижнюю табличку путем включения в нее новых групп, которые отсутствовали вовсе в верхней табличке (см. табл. 15 [доп. 14]). При этом могли быть допущены некоторые отступления от расположения элементов в верхней табличке.

Одновременно с достройкой нижней таблички снизу Дм. Ив. добавил к ней еще одну группу над ее верхней строкой, так чтобы атомные веса членов этой новой группы по возможности вплотную примкнули к атомным весам щелочноземельных металлов, занимавших до тех пор самую верхнюю строчку в составляемой нижней табличке элементов.

Новая группа состояла из $Al=27$, $Fe=56$ и $Ce=92$. Разность в атомных весах между $Fe=56$ и $Ca=40$ и между $Ce=92$ и $Sr=87$ была довольно велика, особенно в первом случае; поэтому новую группу Дм. Ив. записал не в ближайшей строчке над группой Ca , а еще на полстрочки выше.

Позднее в тот же день Дм. Ив. сопоставил $Al=27$ с $Fe=56$ в одной строке (т. е. отнес их к одной естественной группе), причем он записал Fe первоначально сразу над $K=39$, а затем перенес его выше, над $Ca=40$ [6, 107].

В свою очередь $Ce=92$ оказался у Дм. Ив. при окончательном оформлении «Опыта системы элементов» непосредственно над $Sr=87$ ([6, 130] табл. 29).

Таким образом, в том размещении группы Al , Fe , Ce , которое изображено на табл. 15, имелся зародыш дальнейших усилий Дм. Ив. включить в свою таблицу, с одной стороны, Al и Fe , а с другой — Ce .

Кстати: помещение Al в одну группу с Fe было подготовлено планами «Основ химии» 1868 г., поскольку Al и Fe Дм. Ив. считал трехатомными металлами (см. табл. 3 и 4 [доп. 4]). Но в более позднем плане (начала 1869 г.) Al уже отделен от Fe и включен в одну главу (гл. 12) с B (см. табл. 7 [доп. 6]).

Очевидно, что Дм. Ив. не остановился на этом результате, а стал расширять свою табличку дальше, постепенно добавляя в нее все новые и новые элементы (см. табл. 16 [доп. 14]). При этом иногда довольно трудно установить последовательность, в какой заносились новые элементы в нижнюю табличку. Так или иначе, в нее Дм. Ив. занес тяжелые элементы — Bi , Pt , Au и Hg , а вместе с Au еще и Mo .

После этого, а может быть, еще и до этого Дм. Ив. образовал новый промежуточный столбец между вторым и третьим основными столбцами своей таблички (см. табл. 16). Сюда попали V_{51} , Ti_{50} и In_{36} . Для последнего Дм. Ив. принял его эквивалент (36) за атомный вес (см. табл. 1 [доп. 3]).

По тому способу, каким эти три металла вписывались в оставшиеся для них свободные места (первый — между P_{31} и As_{75} , второй — около Si_{28} и третий — между Mg_{24} и Zn_{65}), можно заключить, что они записывались сюда во всяком случае уже после того, как в нижнюю табличку попали все перечисленные только что элементы основных столбцов, т. е. P и As , Si , Mg и Zn .

Следует отметить, что уже в плане «Основ химии» 1868 г. (см. табл. 5 [доп. 4]) V ставился рядом с P , а Ti — в одном ряду с Si и Sn . Сюда же относился и Zr , который был неудачно поставлен в верхней табличке под $As=75$, тогда как его следовало сдвинуть направо, с тем чтобы он мог образовать второй промежуточный столбец. Но ни в верхней, ни в нижней табличке Дм. Ив. этого еще не сделал.

В позднейшем варианте плана тех же «Основ химии» (см. табл. 7 [доп. 6]) Дм. Ив. неизменно ставит V рядом с P, а Ti — вслед за Si. В этом же плане In поставлен в одну группу с Zn и Cd. В дальнейшем Дм. Ив. делает еще раз попытку включить V между P и As, а Ti — около Si в промежуточный столбец; In с удвоенным весом ($In=72$) он пытается поставить в той же группе, но не между Mg и Zn, а между Zn и Cd [6, 114].

Образование указанного промежуточного столбца имеет исключительно большой, чисто принципиальный интерес. Оно показывает, что уже на этом этапе открытия периодического закона Дм. Ив. столкнулся с необходимостью укорачивать большие периоды элементов, сдвигать их, помещая неполные аналоги в промежутках между полными аналогами (V между P и As; Ti между Si и Sn).

Следовательно, уже на этом этапе открытия фактически уже вставал вопрос о выборе одной из двух форм системы элементов: *длинной*, которая соединяет в одну группу только полные аналоги, и *короткой*, которая включает в одну группу, наряду с полными также и неполные аналоги, помещая вторые в промежутках между первыми, как это сделано на табл. 16.

Итак, в тот момент составления нижней таблички, который отражен на табл. 16, число сопоставленных в ней групп достигло рекордной цифры 10, а число охваченных ею элементов—41. При этом число столбцов увеличилось до шести за счет одного основного (пятого) и одного промежуточного.

Мы подходим к концу процесса составления нижней таблички. Заключительный момент ее составления отражен на табл. 17 [доп. 14]. Этот момент состоял в выделении еще одного столбца, но уже не в конце системы из числа наиболее тяжелых элементов, а в самом начале системы из числа наиболее легких элементов, обладающих наименьшим атомным весом. Новый столбец, ставший теперь первым в табличке, образовался следующим образом: Li был вычеркнут из группы Mg и Zn и вновь воссоединен с группой Na; затем над ним в ряду Al и Fe был поставлен Be, который уже включался под знаком вопроса в верхнюю табличку. Но, возможно, что сначала Be был приписан к Al, а после этого Li перенесен снизу наверх.

Так или иначе, но Li и Be образовали собой новый столбец.

Впоследствии, в тот же день, Дм. Ив. еще раз в точности повторяет то же самое распределение элементов и в том же самом участке своей таблицы, ставя $Be=14$ через одно место над $Li=7$ перед $Al=27$ [6, 110].

Но после переноса Li во вновь образовавшийся и ставший теперь первым столбец положение H под B стало неестественным, так как получалось, что H следует за Li и Be. Поэтому следовало передвинуть H также в новый столбец, поставив его

ниже Li, что Дм. Ив. и сделал позднее, все в тот же самый день [6, 111—113].

На освободившемся месте в группе Mg и Zn после снятия отсюда Li Дм. Ив. поставил вопросительный знак; это — второй такой знак, поставленный на месте отсутствующего элемента; первый был поставлен между H и Cu. Знак вопроса указывал на то, что на данном месте можно ожидать какой-либо элемент с подходящими свойствами. В дальнейшем на место, ранее занятое Li, под $B=11$ перед $Mg=24$, действительно подошел $Be=9,4$ (после уточнения его атомности и его атомного веса) [6, 110—113].

Вслед за тем Дм. Ив. ставит третий по счету вопросительный знак под Li в ряду галоидов перед F, а перед Li цифру «3» (см. табл. 17). Запись 3 ? означала, что подобно тому, как у щелочных металлов есть свой легчайший член, вошедший теперь во вновь образованный первый столбец, то и у галоидов тоже должен быть свой легчайший член с атомным весом, меньшим чем у Li.

Этот предполагаемый легчайший галоид должен соотноситься с $Li=7$ так же, как $F=19$ соотносится с $Na=23$, как Cl_{35} соотносится с K_{39} , как Br_{80} соотносится с Rb_{85} и как $J=127$ соотносится с $Cs=133$. Поэтому атомный вес у этого предполагаемого легчайшего галоида Дм. Ив. предположил равным 3, что удовлетворяло условию:

$$Li - ? = Na - F = K - Cl = 4.$$

К этой мысли Дм. Ив. вернулся спустя треть века, когда в своей «Попытке химического понимания мирового эфира» он писал: «Быть может, возможны также элементы с атомными весами большими, чем у $H=1,008$, но меньшими, чем у $He=4$, из II—VII групп, но, во-первых, мне кажется, что ныне вероятнее всего ждать галоида, но не элементов всех групп, так как в начальных рядах нельзя ждать представителей всех химических функций или групп, как их нет в последних рядах, а галоидов известно лишь 4, щелочных же металлов (и мн. др.) 5... Быть может, галоид с атомным весом около 3 найдется в природе» [2, 482].

В таком случае в центре системы образовались бы две во всем симметричные, пятичленные, непосредственно сближенные между собой, группы несходных, полярно-противоположных элементов: группа щелочных металлов и группа галоидов. Обе эти группы Дм. Ив. в заключение охватил фигурной скобкой; он как бы указывал этим, что в дальнейшем при составлении полной таблицы элементов необходимо начинать с сопоставления именно этих двух групп наиболее несходных элементов и вместе с тем очень близких по значению своих атомных весов.

Судя по тому, что таких скобок нет ни у одной другой пары групп сопоставленных элементов, можно заключить, что из всех таких пар Дм. Ив. выделил только одну эту пару групп, видя в сопоставлении щелочных металлов с галоидами решающий шаг при образовании системы элементов.

Поэтому было вполне естественно, что решающий этап при выработке такой системы — составление *полной* таблицы элементов — Дм. Ив. начал именно с сопоставления отмеченных двух групп — щелочных металлов и галоидов (но без предполагавшегося сначала ?=3) [6, 97—101].

Заключительный момент составления нижней таблички, отраженный в табл. 17 [доп. 14], показывает, что на стадии своего завершения нижняя табличка состояла уже из шести основных столбцов и одного промежуточного столбца, что число сопоставленных групп в ней было 10, а число всех охваченных ею элементов — 42, т. е. уже две трети от общего числа всех элементов.

Какой же результат получился у Дм. Ив. при составлении нижней таблички элементов? Этот результат отражен в табл. 18 [доп. 14]. Рассматривая его, можно сказать так: хотя нижняя табличка пополнилась 11 новыми элементами, которых не было в верхней табличке, и в нее не вошел один лишь Zr из числа 32 элементов верхней таблички, тем не менее обе эти таблички являются *неполными*: первая из них охватила только половину всех элементов, вторая — две трети их.

Оставались не включенными в нижнюю табличку самые трудные в смысле слабой изученности элементы, такие, как Tl, Th, Yt, Er, Ta, Nb, и некоторые другие.

Из четырех семейств (Fe, Pt, Ce и Pd) ни одно еще не было включено в систему, а были включены лишь представители по одному из первых трех семейств.

При первой же попытке включить в таблицу перечисленные семейства со всей остротой должна была возникнуть альтернатива выбора либо длинной, либо короткой формы периодической системы.

Разумеется, при составлении нижней таблички Дм. Ив. не предполагал, что возможны две различные формы у создаваемой им системы элементов, поскольку сама система только еще нащупывалась; тем не менее с такой альтернативной трудностью он неминуемо должен был вскоре же столкнуться, ибо при любых условиях периодическая система элементов должна была выразиться в определенной форме — либо короткой, либо длинной.

В первом случае следовало продолжать образование промежуточных столбцов, в частности поставить Zr=89, фигурировавший уже в верхней табличке, перед Sn=118, но не под As=75, а между этим местом (под As) и Sn. В таком случае семей-

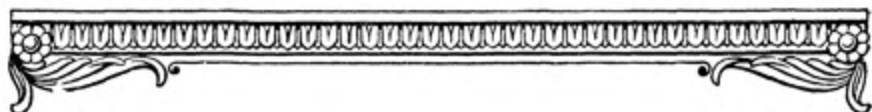
ства Fe, Pd и Pt должны были бы явиться продолжением этих промежуточных столбцов: столбец, состоящий из Cr, Mn, Fe, Co, Ni, должен был бы стать над V; столбец, образованный из Mo, Ru, Rh, Pd,— над Zr и т. д.

Во втором случае, напротив, промежуточные столбцы надо было ликвидировать вовсе и указанные семейства присоединить к основным столбцам снизу, что и сделал потом Дм. Ив. [6, 116—124].

В нижней же табличке зародыши будущей VIII группы элементов оказались совершенно разобщенными между собой: семейство Fe, представленное одним Fe, оказалось в одном конце таблички (над K); семейство Pt, представленное одной Pt, оказалось совсем в другом конце таблички (за Sn, под Bi); семейство Pd отсутствовало вовсе.

Для Дм. Ив. становилось ясно, что составлением нижней таблички была решена только первая, причем далеко не самая сложная и трудная часть задачи; предстояло же решить оставшуюся часть задачи с размещением элементов на периферии формирующейся системы.

В табл. 19 и 20 [доп. 15] подведен общий итог первого этапа открытия периодического закона, представленного фотокопиями II и III.



Г Л А В А III

ДЕНЬ ОТКРЫТИЯ. ВТОРАЯ ПОЛОВИНА

(«Химический пасьянс»)

«Вот я и стал подбирать, написав на отдельных карточках элементы с их атомными весами и коренными свойствами, сходные элементы и близкие атомные веса »

(Д. И. Менделеев, Основы химии)

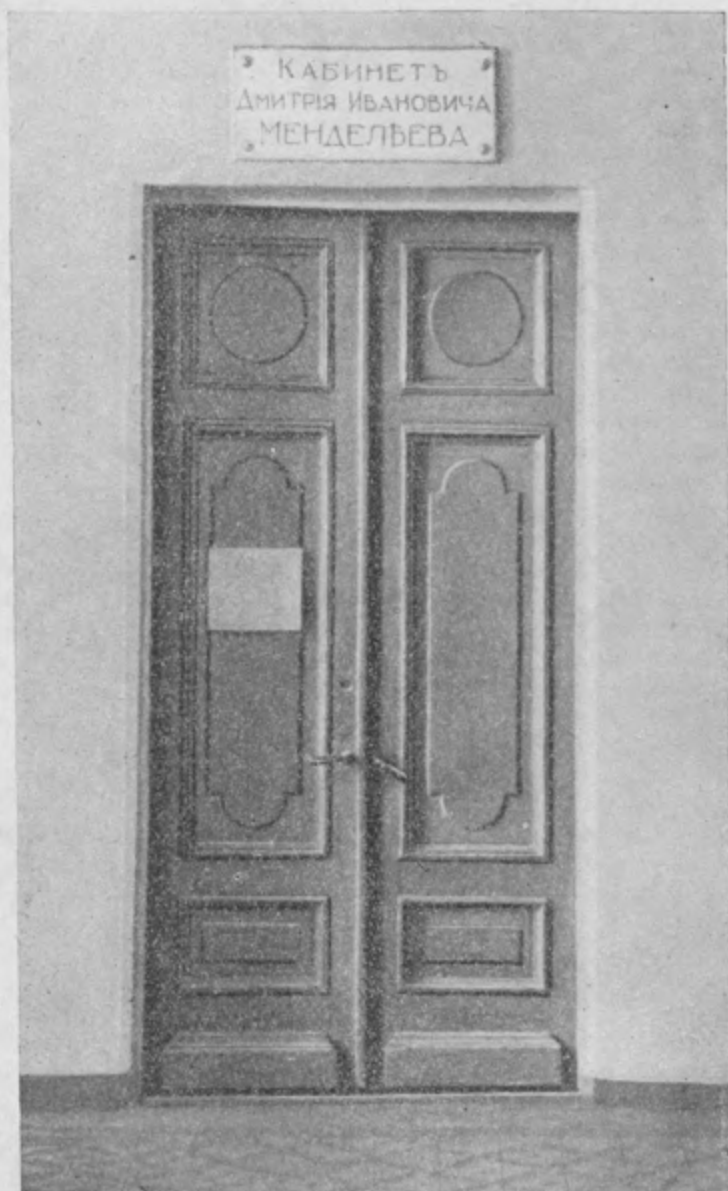
Итак, в результате составления набросков двух неполных табличек элементов на отдельном листке бумаги выявилось несовершенство приема, примененного для выработки полной таблицы элементов, которая должна была охватить собою все элементы. Стало ясно, что для решения этой более сложной и трудоемкой части задачи прием составления табличек на бумаге вообще был недостаточен: при неясности положения того или иного элемента этот элемент приходилось бы передвигать не один раз с места на место, тогда табличка сейчас же заполнялась бы вычеркиваниями и поправками, что не дало бы возможности быстро ориентироваться при размещении новых элементов.

Нужно было найти какой-то более гибкий, более подвижный способ, который позволял бы в любой момент видеть картину распределения элементов как бы в чистом виде, не заслоненную предшествовавшими переносами, исправлениями и зачеркиваниями

Такой прием Дм. Ив. нашел в карточках с написанными на них элементами. Такие карточки легко можно было переставлять, имея все время перед глазами всю картину распределения элементов, достигнутого в данный момент. Вместе с тем можно было в любой момент обозреть карточки тех элементов, которые еще не попали в таблицу и ждут очереди для распределения.

Так возник прием, который А. Е. Ферсман очень удачно назвал «пасьянсом» [12, 101].

Следуя за А. Е. Ферсманом, этим термином стали теперь пользоваться некоторые авторы, писавшие об истории открытия периодического закона. Будем пользоваться им и мы.



Парадный вход в бывшую квартиру Д. И. Менделеева в здании Петербургского, ныне Ленинградского, университета. В этой квартире был открыт периодический закон. Теперь здесь размещается Музей-архив Д. И. Менделеева.

простых тяж, которых почти всюду распространены на поверхности земли, составляют главный материал легких тяж. Курсивом обозначены тяж, которые в отдаленности или соединенном виде встречаются в обиход, хотя и не распространены всюду или встречаются только в некоторых. Простым шрифтом означены тяж, по хорошему известному простым тяж, а мелким (попарезью) тяж и малоиспользуемые.

Химический знак Атомный вес Свойства тяж.	Название простых тяж, без примесей и в отдаленности или для обозначения	Виды их примесей или соединений с другими тяж. или с металлами.	Географическое место распростра- нения их в природе.
168 As	Серадо, Argen- тин.	Белая и желтая, чистая, с примесью окиси железа.	В восточных горах в свободном виде и в соединении с серой, с окисью и серой, с железом и серой и др.
374 Al	Алюминий, Al- юминий, Al- юминий.	Белая и желтая, чистая, с примесью окиси железа.	В восточных горах в свободном виде и в соединении с серой, с окисью и серой, с железом и серой и др.
75 As	Железо, арсе- нид, Железо- арсенид.	Белая и желтая, чистая, с примесью окиси железа.	В восточных горах в свободном виде и в соединении с серой, с окисью и серой, с железом и серой и др.
137 As	Железо, арсе- нид, Железо- арсенид.	Белая и желтая, чистая, с примесью окиси железа.	В восточных горах в свободном виде и в соединении с серой, с окисью и серой, с железом и серой и др.
11 B	Бор.	Твердое, белое, чистое, с примесью окиси железа.	В восточных горах в свободном виде и в соединении с серой, с окисью и серой, с железом и серой и др.
137 As	Берил.	Белая и желтая, чистая, с примесью окиси железа.	В восточных горах в свободном виде и в соединении с серой, с окисью и серой, с железом и серой и др.
93 B	Берил, берил- лит.	Белая и желтая, чистая, с примесью окиси железа.	В восточных горах в свободном виде и в соединении с серой, с окисью и серой, с железом и серой и др.

Фотокопия IIIa.

Список атомных весов, составленный на полях вып. 1
«Основ химии» в целях подготовки карточек элементов
для «пасьянса» (17 февраля 1869 г.).

(На 5 страницах)

Расшифровку см. в табл. 21 [доп. 16]

810	Bi	Висму́т, mium.	Вис-Красно-Въ жилахъ горъ въ свободномъ состо- сѣ- состояли изъ рудъ ма- рый не- рико.
80	Br	Бромъ.	Темнобу- Въ соединеніи съ К и Na въ жид- рас, про- кой водѣ, кислой содѣ и въ зрачныхъ жидкостяхъ, изотичахъ, частію въ чистомъ количествѣ, летучъ.
12	C	Углеродъ, Carbonium.	Уголь, Въ соединеніи Н, О и N, въ ро- гравется стѣнкахъ и животныхъ, въ видѣ алмаза въ видѣ алмазныхъ углей и въ его андо- соединеніи съ Са и О въ извест- литиче- ныхъ, въ атмосферѣ въ соеди- ніи. нѣніи съ О, въ видѣ углекислой воды.
40	Ca	Извѣстный, Cal-Небкій	Въ известныхъ породахъ, состоитъ изъ соединенія съ О, преимущественно, С и О и др., въ жидк. растущий, въ жидк. Сѣ известными ос- руживаетъ плоть.
	Ce	Церій, Cerium.	Металлъ Рѣдкіе металлы, образуютъ окислы, соеди- нены съ кислородомъ, окислы, ала- тивны и извѣсны.
112	Cd	Кадмій, Cadmi-Бѣлый	Видѣтъ въ чистомъ, но въ незна- чительномъ количествѣ.
	Cl	Хлоръ, Chlor.	Газъ же- Въ жидкой и кислой соленой водѣ, въ соед. съ Na въ видѣ хлоридной содѣ.
58,8	Co	Кобальтъ, Co-Сѣр и S	Соединеніе его съ кислородомъ, Ас металлъ. и S въ жидк. рудъ въ жидк. рѣдк.
58,8	Cr	Хромъ, Chro-Сѣр и S	Соединеніе его съ кислородомъ и металлъ. хлоромъ въ горючихъ породахъ, вѣдство.
135	Cs	Цезій, Caesium.	Сѣр и S Видѣтъ съ К, Na, Li въ соединѣн- металлъ. ныхъ жидкостяхъ, отъ воды.
63,4	Cu	Медь, Cuprum.	Красный Въ породахъ отдѣльно и въ соеди- металлъ. неніи съ О, также съ Fe и S. Ми- станъ въ значительныхъ количе- ствахъ.
	Di	Диалъ.	Металлъ? Видѣтъ въ жидк. въ чистомъ виде, жидк.
	Er	Ерій.	Металлъ? Очень рѣдк. въ соед. съ кислоро- домъ въ жидк. жидкостяхъ, вѣдство съ ипрѣж.
15,2	F	Фторъ.	Газъ, без- Въ соединеніи съ Са въ жидк. вѣдство? ническаго мѣста въ жидк. горъ.

Фотокония IIIa.

(Продолженіе)

56	Fe	Железо, Fer- tum.	Сѣръ и металл.	Всегда въ соединеніяхъ съ О, съ S, съ С и О и др. почти всюду хоть незначительна, иногда же цѣлыми массами.
	H	Водородъ, Hydrogenium.	Безвѣст- ный газъ.	Вода содержитъ $\frac{1}{8}$ его по вѣсу, въ видѣ воды и соединеній въ горючихъ породахъ. Растенія и жи- вотныя содержатъ его въ видѣ воды и въ соединеніяхъ съ С, О и Н.
200	Hg	Ртуть, Hydrar- gum, mercu- rium.	Жидкій блѣдный металл.	Часто, но иногда въ довольно значительныхъ количествахъ въ свободномъ видѣ и соединеній съ S въ горючихъ породахъ.
127	I	Йодъ.	Сѣрой, по- лукристал- лич. тѣло.	Въ соединеніяхъ съ К и Na въ мор- ской водѣ и при воздѣйствіи
126	Io	Иодій.	Сѣрый металл.	Рѣдко въ соединеніяхъ съ S въ тѣлахъ.
194	Ir	Иридій.	Бѣлый металл.	Встрѣтъ въ наплавкахъ и др. со- единеніяхъ азоту.
391	K	Калій как по- детой мо- таль.	Сѣрый металл.	Всегда въ соединеніяхъ съ О и др. въ каменныхъ породахъ, въ жид- костяхъ, въ растеніяхъ. Воду, по основанію не много.
	La	Лантанъ.	Металл.	Встрѣтъ въ породахъ и животныхъ, отъ мало.
7	Li	Литій.	Сѣрый металл.	Всегда въ соединеніяхъ съ О и др. въ некоторыхъ породахъ, мало, но часто.
24	Mg	Магній.	Сѣрый, легкій ме- талл.	Всегда въ соединеніяхъ съ кислоро- домъ и другими веществами въ морской водѣ, во многихъ камен- ныхъ породахъ и растеніяхъ.
55	Mn	Марганецъ.	Черный металл.	Соприкоснувшись Fe, Mg и Ca возлу- чается, но въ маломъ количествѣ. Иногда встречается въ соединеніяхъ съ кислородомъ, или жидкостью.
96	Mo	Молибденъ.	Бѣлый металл.	Рѣдко встречается въ породахъ, въ соединеніяхъ съ сѣрой и со свя- зочью и кислородомъ.
	N	Азотъ, Ni- trogenium.	Безвѣст- ный газъ.	Встрѣтъ въ воздухѣ почти $\frac{1}{5}$ этого газа. Соединеній съ С, Н и О въ растеніяхъ и животныхъ.
23	Na	Натрій как со- ли.	Сѣрый металл.	Въ соединеніяхъ съ Cl въ соли, въ морской водѣ, съ О и другими веществами въ каменныхъ, жидкой.

Фотокопия IIIa.

(Продолжение)

Nb	Назва.	Металлы	Рѣдкія металлы, встрѣчаются съ талталомъ въ видѣ кислороднаго соединенія.
58,8 Ni	Никкель.	Сѣр и В	Встрѣтѣ съ кабантономъ, О, Аз, S металлы. въ горюхъ порогахъ, рѣдко.
8	Кислородъ, Белизѣ-Оxygenium, ный газъ.	Въ водѣ $\frac{1}{2}$, въ воздухѣ $\frac{1}{5}$, въ земной корѣ съ металлами и др. тѣлами около $\frac{1}{2}$, въ жив. и растеніяхъ, всюду и въ земл. воздухѣ въ соединеніяхъ, свободный въ воздухѣ.	
194 Os	Осній.	Черный	Соединяется въ металлы. въ металлы.
31 P	Фосфоръ, Phosphorum.	Неметаллическое вещество.	Въ растеніяхъ и животн. въ почвѣ, иногда массами, но въ воздухѣ не свободный, въ соединеніяхъ съ О, Са и др.
207 Pb	Свинца, Plumbum.	Сѣр и В	Иногда массами, обыкновенно въ соединеніяхъ съ S въ жилахъ горѣ.
106 Pd	Палладій.	Сѣр и В	Встрѣчается въ металлахъ и др. металлахъ, въ металлическомъ видѣ.
197 Pt	Платина.	Тяжелый	Рѣдко въ порогахъ и россыпяхъ въ свободномъ видѣ.
85,4 Rb	Рубидій.	Сѣр и В	Встрѣтѣ съ Са металлы.
184 Rh	Родій.	Сѣр и В	Соединяется въ металлы.
104,4 Ru	Рутеній.	Сѣр и В	Соединяется въ металлы.
32 S	Сѣра, Sulphur.	Желтое	Въ земл. около вулкановъ свободное, въ другихъ мѣстахъ соединенное съ металлами, О и др., также въ рѣкахъ, въ живыхъ.
129 Sb	Сурьма, Antimonium, Stibium.	Сѣр и В	Не часто, обыкновенно въ соединеніяхъ съ S въ горюхъ порогахъ.
74 Se	Селенъ.	Полуметаллическое.	Соединяется съ сѣрой около вулкановъ и въ др. случаяхъ, мало.
28 Si	Кремній или силицій, Silicium.	Полуметаллическое, твердое вещество, сходное съ углеродомъ.	Въ земл. всюду, въ каменныхъ и др. въ соединеніяхъ съ кислородомъ, образуя кремнеземъ, соединенный часто съ другими веществами, а иногда крепко соединенный въ глыбы, напрѣмъ, кварцъ, горюхъ, хрусталь и др.

Фотокопия IIIa.
(Продолженіе)

113	Sn	Олово, Stan- пип.	Бѣлый Не черн. въ кислотахъ, соединенно металл. съ кислородомъ.
87	Se	Сурьминъ.	Желтый Похожо на висмутъ съ O и S какъ металл. O и S, особенно одна выдѣляетъ въ ртутныхъ водахъ.
	Ta	Танталъ.	Металл? Сходенъ въ каковыя-то съ титаномъ, но еще рѣже.
123	Te	Теллуръ.	Металл, Рѣже въ рудѣхъ, свободный въ со- судномъ единичный.
50	Ti	Титанъ.	Черный Нѣкогда встречается въ горныхъ металлахъ, иногда въ соединеніи съ кислородомъ, иногда въ соединеніи съ другими окислами металловъ, особ. железа.
	Th	Торъ	Металл? Рѣдко минералъ торитъ, сходенъ съ цериемъ.
90	Tl	Талъ.	Темный, Находится въ маломъ количествѣ бѣлый въ соединенияхъ торитовъ. Оч. рѣдкіе металлы.
110	Ue	Уранъ.	Сѣрый, Рѣдкіе металлы. Въ природѣ въ соединеніи съ кислородомъ и др. металлами въ рудѣхъ.
51	Pa	Ванадій.	Сѣрый Рѣдкіе. Соединенный съ кислоро- домъ и сурьмой въ нѣкоторыхъ рудѣхъ. Сопровождаетъ иногда железо.
184	Wc	Вольфрамъ какъ возмущающему-металл. горитъ.	Сѣрый Рѣдкіе, соедин. съ кислоро- домъ и железомъ въ рудѣхъ.
	Y	Итребъ.	Металл? Въ разныхъ рудѣхъ минералахъ и камнѣ, соедин. съ кислородомъ, про- изводитъ и др. веществъ съ Ee.
66	Za	Цинкъ какъ на- туръ.	Сѣрый Не чистый, но иногда въ чистотѣ металл. нѣкогда въ соединеніи съ S, также съ O и др. въ гор- ныхъ породахъ.
89	Ca	Кальцій	Металл? Рѣдкіе металлы, въ жидкомъ, въ со- единеніи съ кислородомъ и про- изводитъ, образуетъ минералы кальций.
	Zn	O ²	

Нѣкоторые простые тѣла, какъ видно изъ этой таблицы, на-
ходятся почти всюду. Ихъ присутствие доказано даже на от-
даленныхъ отъ насъ субнахъ, посредствомъ изслѣдованій ихъ
свѣта. Это убѣждаетъ въ томъ, что въ формѣ вещества, ко-
торая производится на землѣ изъ этихъ простыхъ тѣлъ, что эта
форма имѣетъ широкое распространеніе во вселенной.

Фотокопия IIIa.

(Окончание)

1. Подготовка «химического пасьянса»

(Список атомных весов. Карточки элементов)

Именно для того, чтобы как можно удобнее, быстрее и безошибочнее разместить элементы на периферии формирующейся системы элементов, Дм. Ив. прибег к карточкам; это он сделал, по-видимому, уже после того, как был сформирован в основных чертах и даже уже отчасти в деталях центр будущей системы, в котором размещение наиболее известных и хорошо изученных элементов не нуждалось в карточках и могло быть осуществлено с минимальным числом перестановок элементов и их групп.

В связи с этим обратим внимание на то, что каждая серьезная перестановка групп влекла за собой необходимость переписывания таблички элементов. Так, в верхней табличке без особых затруднений Дм. Ив. смог переставить группу $H, ?=18, Cu, Ag$ с первоначально отведенного для нее места (через ряд под N) на новое место (под Mg, Zn, Cd). Но уже перестановка группы Na из нижней части таблички в верхнюю, на место между группой Ca и группой Cl , вызвала необходимость переписать всю табличку заново, т. е. перейти от верхней таблички к нижней.

Спрашивается: сколько раз пришлось бы Дм. Ив. переписывать свою таблицу в случае, если бы он продолжал в таком же роде размещать элементы на ее «окраинах»? Вот почему настоятельная необходимость в составлении карточек для дальнейшей работы над создаваемой системой могла возникнуть именно на этой стадии открытия периодического закона.

Несмотря на тщательные поиски в Музее-архиве при Ленинградском университете, до сих пор не удалось разыскать написанных Дм. Ив. карточек элементов. Вообще же имеется лишь одно весьма скудное указание на этот счет, сделанное Дм. Ив. в последних изданиях «Основ химии», т. е. примерно лет 30 спустя после открытия периодического закона. Здесь Дм. Ив. пишет о том, что он написал на отдельных карточках элементы с их атомными весами и коренными свойствами и после этого стал подбирать сходные элементы и близкие атомные веса [1, 619].

Очевидно, что после составления центральной части таблицы элементов определяющее значение атомных весов для Дм. Ив. стало вполне очевидным, поскольку все сопоставления групп он делал прежде всего по величине атомных весов их членов.

Однако общий список атомных весов у Дм. Ив. в начальный момент открытия периодического закона еще отсутствовал. Имелся лишь список более старых данных, относящихся примерно к 1867 г. (см. табл. 1 [доп. 3]), а затем неполный список из

22 элементов, составленный в середине 1868 г. (см. табл. 2 [доп. 3]).

Кроме того, имелся общий список 63 элементов с их краткой характеристикой, опубликованный в начале вып. 1 «Основ химии», но без указания их атомных весов. Естественно было воспользоваться для составления карточек элементов этим общим списком элементов, но добавив к нему более свежие и уточненные данные, касающиеся атомных весов. Такой список Дм. Ив. и составил (см. фотокопию IIIa) [доп. 16].

По сравнению с таблицей 1867—1868 гг. (ср. табл. 1 [доп. 3]) Дм. Ив. внес следующее важное изменение: во всех случаях, где были приведены не истинные атомные веса, а эквиваленты, Дм. Ив. либо удвоил эквиваленты, либо опустил их вовсе, оставив около соответствующих элементов свободное место и не приписав им никакого атомного веса.

Кроме атомного веса, Дм. Ив. записал на карточках также и коренные свойства элементов. К числу таковых были отнесены, по-видимому, формы соединений данного элемента и тем самым его атомность, затем характер элемента в свободном состоянии и его распространенность в природе, а также степень его изученности. Сведения последних трех родов Дм. Ив. мог заимствовать из своего списка элементов, куда он дописывал уточненные значения атомных весов (см. фотокопию IIIa). В этом списке все 63 известных элемента разделены на четыре категории по признаку их распространенности и изученности.

В 1-ю категорию попало 14 элементов, которые распространены повсеместно и составляют главный материал видимых тел. Их названия в списке элементов набраны жирным шрифтом (Al, C, Ca, Cl, Fe, H, K, Mg, N, Na, O, P, S, Si). В силу своей широкой распространенности эти элементы, естественно, должны были входить в число хорошо исследованных.

Во 2-ю категорию попали такие элементы (числом 21), которые встречаются в обиходе в свободном виде или в виде соединений, хотя и не распространены повсюду или встречаются в малых количествах. Их названия Дм. Ив. отметил курсивом (Ag, As, Au, B, Ba, Bi, Br, Co, Cr, Cu, F, Hg, J, Mn, Ni, Pb, Pt, Sb, Sn, Sr, Zn). В силу своей известности и доступности для исследований эти элементы, как и предыдущие, должны были также входить в число хорошо изученных.

В 3-ю категорию вошло 18 элементов редких, но хорошо исследованных. Их названия набраны в списке элементов простым шрифтом (Be, Ce, Cd, Cs, In, Ir, Li, Mo, Os, Pd, Rb, Se, Te, Ti, Tl, Ur, Wo, Y).

В 4-ю категорию вошло 10 элементов редких и малоисследованных. Их названия набраны непарелью (Di, Er, La, Nb, Rh, Ru, Ta, Th, Va, Zr).

В дальнейшем Дм. Ив. мог сделать некоторые перестановки элементов между первыми тремя категориями и последней категорией. Так, он мог передвинуть Y из 3-й категории в 4-ю, а спутников церия (La и Di) присоединить к Ce, т. е. перенести их из 4-й категории в 3-ю, равно как и спутников палладия (Rh и Ru) перенести из 4-й в 3-ю, присоединив их к Pd.

Точно так же Va и Zr могли быть передвинуты из 4-й категории в 3-ю и поставлены по соседству с Ti. Другими словами, степень изученности ряда элементов могла измениться за год после написания первых глав 1-й части «Основ химии». Во всяком случае это касается Va, который был изучен Роско как раз в 1868 г.

Сведения, касающиеся внешнего характера элемента в виде простого вещества, в списке элементов занесены в графу: «Вид в свободном или отдельном состоянии при обыкновенных температурах и давлении». Здесь приводятся данные:

- 1) об окраске простого вещества;
- 2) о его металлическом, неметаллическом или полуметаллическом (J, Se, Si) виде;
- 3) о его агрегатном состоянии и в случае жидкости — его летучести и степени прозрачности (Br);
- 4) о сходности его с другими элементами (B и Si сходны с C; Te сходен с Se);
- 5) о его легкости (Al, Ba, Be, Ca, K, Li, Mg, Na, Rb) или тяжести (Ir, Pb, Pt, Tl, Ur), с выявлением самого легкого металла (Li);
- 6) о его мягкости (Tl).

Во всех сомнительных случаях Дм. Ив. ставит знак вопроса. Так, он записывает «металл?» около Ce, Di, Er, La, Nb, Ta, Th, Y и Zr, а также около Ur и Va. Около F под вопросом записано «газ бесцветный?», поскольку F еще не был получен тогда в свободном состоянии.

Таким образом, список элементов, опубликованный в начале 1-й части «Основ химии», давал сведения шести различных родов о характере элементов в свободном виде. Вместе с записанными сюда же Дм. Ив. от руки атомными весами эти данные могли послужить основой и отправным пунктом для заполнения карточек.

Следующая (и последняя) графа в списке элементов имела заголовок: «Главнейшие места распространения в природе». В этой графе, кроме описания месторождений, содержащих данный элемент, указываются также другие элементы, с которыми он совместно присутствует:

Ag с Cu;
 Al_2O_3 с SiO_2 ;
 Be с Al_2O_3 и SiO_2 ;

KBr и NaBr как примесь к NaCl;
 Ce с La и Di,
 Cd с Zn как примесь;
 Cr и Cu с Fe,
 Di как спутник Ce;
 Er с Y;
 In с Zn как примесь;
 Ir с Pd и другими как спутники Pt;
 La с Ce и Di как примесь;
 Mn как спутник Fe, Mg и Ca;
 Mo с S и Pb как примесь;
 Nb с Ta;
 Ni с Co;
 Os как спутник Ir и Pt;
 Pd с Pt и Ir;
 Rb с Cs;
 Rh и Ru как спутники Pt;
 Se иногда как спутник S;
 Sr встречается в тех же соединениях, как и Ba;
 Ta сходен по нахождению с Ti;
 Ti с Fe;
 Th в виде минерала, сходного с цирконом;
 Tl с Fe;
 Va иногда как спутник Fe;
 Wo с Fe;
 Y с Er.

Эти сведения были очень важны для составления карточек элементов, ибо указывали на то, что одни элементы являются спутниками других; на этом основании можно было судить о их химической и геохимической близости.

Таким образом, на основании данных, собранных в списке элементов, составлялась довольно детальная картина в отношении каждого отдельного элемента, вполне достаточная для того, чтобы составить карточки (или «паспорта») для всех элементов.

Но в этом списке отсутствовало указание на формы соединений элементов, а значит, и на атомность элементов. Спустя два года, выпуская в свет 2-ю часть «Основ химии», Дм. Ив. снабдил ее подробной таблицей элементов (см. фотокопию IIIб), которую он назвал «Естественная система элементов Д. Менделеева» [4, 6].

В этой таблице для каждого элемента указан состав его важнейших соединений с металлами (М) и кислотными радикалами (Х); при этом звездочкой отмечены тела твердые, малорастворимые в воде, а значком \wedge — тела газообразные или летучие. Так, например, для Cl указаны: ClH_\wedge , ClM , ClCl_\wedge , ClOH , $\text{ClO}_4\text{H}_\wedge$, AgCl_* . Для Al указаны: $\text{Al}_2\text{Cl}_{6\wedge}$, Al_2O_{3*} , $\text{KAlSi}_3\text{O}_{12}\text{H}_2\text{O}$ и т. д.

Очень возможно, что эти данные Дм. Ив. перенес в таблицу со своих карточек, которые он составил за два года до этого.

Остальные данные, записанные на карточках, не было бы смысла переносить в таблицу элементов, приложенную ко 2-й

[illegible]

Фотокопия 1116.

Таблица элементов из 2-й части «Основ химии» (10 февраля 1871 г.); содержит данные, которые соответствуют карточкам элементов, составленным для «спасения» за два года до того.

части книги, если эти данные были уже опубликованы в таблице элементов, напечатанной в начале 1-й части той же книги.

Данные же о составе (или формах) соединений элементов не были еще сведены в таблицу; поэтому если они действительно фигурировали на карточках, то Дм. Ив. имел все основания перенести впоследствии именно их в свою итоговую таблицу, озаглавленную «Естественная система элементов Д. И. Менделеева».

На основании всех этих соображений попытаемся предположительно составить карточки каких-либо двух элементов из числа тех, которым полагалось занять места на периферии формирующейся системы элементов. Выберем для этой цели Мо и W.

Атомный вес
Вид
Распространение

Формы соединений

Мо = 96
белый металл
редко встречается в рудниках в соединении с S и с Pb и O
MoCl _{6A} , MoS _{2*} , MoO _{3*} , M ₂ MoO ₄ nMoO ₃

W = 184
серый металл
довольно редкий, соединенный с O и Fe в рудах
WCl _{6A} , WCl ₄ , WO _{3*} , K ₂ WO ₄ nWO _{3*}

На основе сопоставления двух таких карточек можно было заключить, что Мо и W относятся к одной группе элементов.

Разумеется, твердой уверенности нет в том, что карточки элементов были такого именно типа. Но нет также и никакого противоречия между таким их типом и опубликованными Дм. Ив. сведениями и указаниями по этому вопросу. Напротив, имеется полное соответствие между тем и другим [доп. 17].

Когда карточки для всех 63 элементов были написаны, Дм. Ив., не прибегая еще к своему «химическому пасьянсу», установил порядок включения в свою готовящуюся систему отдельных категорий элементов. Но так как все элементы были изображены теперь на карточках, то можно предположить, что разбивка их на различные категории выражалась в разбивке их карточек на несколько кучек. В таком случае те элементы, с которых Дм. Ив. намеревался начинать составление полной таблицы элементов, вошли в первую кучку карточек, затем следовала вторая их кучка, содержащая карточки элементов, которые должны были вноситься в таблицу во вторую очередь, и т. д.

Вероятно, в первую очередь в таблицу должны были быть внесены наиболее изученные элементы, причем те, связи между которыми были бесспорно выяснены на предшествующей стадии открытия периодического закона. Это были, как я пола-

гаю, прежде всего те элементы, которые образовали центральную часть будущей системы элементов.

Но так как Дм. Ив. сопоставлял друг с другом целые группы, то к элементам, входящим в центральную часть системы, присоединялись и их более тяжелые или более легкие аналоги, приходящиеся уже на «окраины» системы. Условно все эти элементы можно назвать «ясными», или «бесспорными», поскольку для Дм. Ив. было ясно и бесспорно их место в системе. В их число вошли элементы 7 наиболее известных групп, за вычетом группы Са, положение которой Дм. Ив. попытался еще раз изменить (см. [доп. 10]).

Всего таких элементов оказалось 27:

Li, Na, K, Rb, Cs;
F, Cl, Br, J;
O, S, Se, Te;
N, P, As, Sb, Bi;
C, Si, Sn;
Mg, Zn, Cd;
Cu, Ag, Hg.

Их карточки составили первую кучку.

Точно так же можно предположить, что в последнюю очередь подлежали включению в таблицу наименее изученные элементы, чьи химические свойства и атомные веса не были установлены с достаточной достоверностью.

Условно такие элементы можно было бы назвать *сомнительными*, ибо из-за неопределенности сведений о их свойствах и атомных весах сомнительным было и их размещение в таблице элементов. Такими сомнительными были те элементы, которые одновременно отмечались тремя способами:

- 1) их названия были набраны самым мелким шрифтом в общем списке элементов;
- 2) около их химической характеристики стоял вопросительный знак;
- 3) атомный вес для них Дм. Ив. не стал заносить в список.

Очевидно, такими сомнительными элементами были 6 элементов:

Di, Er, La, Nb, Ta, Th.

Но, как уже говорилось выше, Дм. Ив. присоединил Di и La к Се в качестве его спутников; далее Y, который отличался от Er только тем, что его название было набрано не непарелью, а более крупным шрифтом, Дм. Ив. присоединил к Er, т. е. отнес его к числу сомнительных элементов.

Всего, таким образом, этих последних оказалось 5:

Nb, Ta;
Th;
Er, Y.

Их карточки составили последнюю кучку.

Если теперь из общего числа 63 элементов вычтешь 27 ясных и 5 сомнительных элементов, чья очередь при их размещении в системе была уже установлена самим выделением их карточек в отдельные кучки, то останется еще 31 элемент. Эти элементы следовало вносить в таблицу во вторую очередь.

Я полагаю, что в свою очередь Дм. Ив. разбил эти элементы на две кучки по величине атомных весов (а может быть, и по удельному весу).

В одну кучку вошли все элементы с атомным весом меньше 70; условно эти элементы можно поэтому назвать *«легкими»*.

В другую кучку вошли все элементы с атомным весом более 70; условно их можно поэтому назвать *«тяжелыми»*.

К числу легких относились 14 элементов:

H;
B, Be, Al;
Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni;
Ca, Sr, Ba.

Их карточки образовали собой вторую кучку.

К числу тяжелых относились 17 элементов:

In;
Zr;
Ce (La, Di);
Mo, W;
Pb;
Ur, Au;
Ru, Rh, Pd;
Os, Ir, Pt;
Tl.

Их карточки составили третью кучку, так что вступить в «химический пасьянс» они должны были в третью очередь.

За ними следовала последняя, следовательно, четвертая по счету кучка сомнительных элементов.

Сравнивая эту разбивку карточек элементов на четыре кучки с разбивкой элементов в их общем списке тоже на четыре категории, можно обнаружить следующее: и там и здесь показателем для разбивки элементов на различные категории служила для Дм. Ив. их изученность. Малоисследованные элементы составляют последнюю категорию в общем списке элементов (они отмечены самым мелким шрифтом); соответственно этому малоизученные элементы размещаются в последнюю очередь, составляя четвертую кучку и при формировании полной таблицы элементов.

Первые три категории элементов в общем списке элементов Дм. Ив. составил на основе признака их распространенности в природе:

- 1) повсеместно распространенные;
- 2) распространенные в общежитии, но не повсеместно;
- 3) редкие.

При определении порядка включения элементов в таблицу признак распространенности не имел существенного значения, тогда как решающее значение приобретал *атомный вес*. Поэтому, в соответствии с его величиной, т. е. с тем, были ли элементы «легкими» или «тяжелыми», составила очередь (вторая и третья кучки) для внесения этих элементов в таблицу: сначала вносились более легкие, а затем — более тяжелые элементы.

Первая же кучка была выделена опять же на основе признака изученности как самих элементов, так и их взаимосвязей и взаимоотношений.

Следовательно, карточки распределялись по кучкам в соответствии с двумя признаками:

- 1) изученности и 2) величины атомных весов.

Первая кучка — наиболее изученные элементы, следующие за ней две кучки — менее изученные элементы; из них вторая — «легкие», третья — «тяжелые» элементы; четвертая кучка — слабо изученные элементы.

Разбив карточки всех элементов на кучки, Дм. Ив. определил этим общую последовательность составления таблицы элементов. Теперь «химический пасьянс» был уже подготовлен полностью, так что Дм. Ив. мог приступить к его проведению.

2. Начало «химического пасьянса»

(Первые две кучки карточек. Периферийная часть системы)

К моменту раскладывания «пасьянса», охватившего карточки всех без исключения элементов, открытие периодического закона вступило в решающую фазу. Определяющая роль атомного веса при сопоставлении группы несходных элементов выяснилась в полной мере. Центральная часть будущей системы элементов сформировалась в своей основе. Осталось «только» одно: доказать всеобщий характер того принципа, который был уже доказан в его применении к центральной части системы. Другими словами: осталось «только» распространить его на все без исключения известные в то время элементы. Но это «только» составляло главную, непреодоленную еще трудность при создании периодической системы элементов.

При доведении до конца построения своей таблицы элементов Дм. Ив. продолжал применять тот же прием сопоставления групп несходных элементов, с помощью которого он начал строить

эту таблицу в первых записях, сделанных на письме Ходнева и в обеих рассмотренных выше табличках.

По всей вероятности, речь теперь шла о том, чтобы присоединить к уже сложившейся центральной части таблицы, к ее верхнему и нижнему краю, оставшиеся группы и в особенности известные уже ранее *семейства* элементов. Последних было четыре; это были семейства Fe, Pd, Pt и Se; они охватывали собой 12 элементов (по 3 элемента на каждое семейство) из общего числа 32 элементов, которые должны были попасть на периферийные области системы элементов.

Кроме того, такие элементы, как Li — слева и Bi и Hg — справа, становились на свои места, будучи включены в те группы, члены которых попадали в центральную часть системы.

Таким образом, оставалось еще 17 элементов, места которых должны были оказаться на «окраинах» системы элементов. Одну часть этих элементов составляли естественные группы (Y и Er; Nb и Ta и т. п.), другую их часть — главным образом «тяжелые» металлы предстояло в одиночном порядке присоединять к существующим уже группам (Au; Pb, Tl и др.).

Все это необходимо было тщательно изучить со всех сторон, взвесить каждую возможность помещения этих элементов на то или иное место, а затем проверить правильность сделанного предположения путем сначала пробного, а затем и окончательного помещения их на это место.

Дело осложнялось тем, что здесь, на периферии создаваемой системы, отношения и связи между группами элементов не были столь очевидны, как в ее центральной части; более того, сами эти группы не были сформированы столь четко, как например группа Na или группа O. Поэтому одновременно с помещением указанных элементов на определенные места в системе элементов шло формирование новых их групп, которые тут же, по мере их формирования, сопоставлялись одна с другой.

Рассмотрим теперь технику этой кропотливейшей работы Дм. Ив. над составлением периодической системы. Дело, по-видимому, обстояло так: Дм. Ив. имел перед глазами все время три предмета:

- 1) «пасьянс» разложенных уже карточек элементов;
- 2) кучки еще не внесенных в «пасьянс» карточек элементов;
- 3) лист бумаги, куда последовательно заносились записи в порядке фиксации производимых в «пасьянсе» изменений.

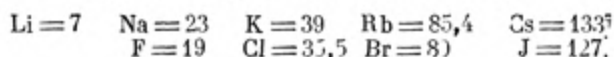
На листе бумаги тщательно отмечались («регистрировались») все *перестановки* уже включенных карточек и все включения в «пасьянс» новых карточек (см. фотокопию IV). Этот лист бумаги был как бы отпечатком в последовательном порядке всех действий, производившихся Дм. Ив. с карточками. Более того, как мы покажем далее, на этом же листе бумаги Дм. Ив.

отмечал не только то, что представлял собою в каждый данный момент первый предмет («пасьянс» разложенных уже карточек), но и то, что представлял собой второй предмет (кучки карточек, оставшихся еще неразложенными) [доп. 18].

Выясним теперь последовательность, в какой Дм. Ив. вносил в свою систему группы элементов и отдельные элементы, а затем переставлял их с места на место, пока они не заняли еще свои окончательные места. Все это мы будем рассматривать как прямое продолжение той работы, которую Дм. Ив. уже провел над созданием своей будущей системы элементов при составлении верхней и особенно нижней таблички элементов. В дальнейшем мы будем отмечать курсивом те элементы, которые Дм. Ив. переставлял по сравнению с предшествующей таблицей, а жирным шрифтом — те, которые Дм. Ив. добавлял вновь по сравнению с ней [доп. 19].

Размещение ясных, или бесспорных, элементов (1-я кучка карточек). Как уже указал сам Дм. Ив. в нижней табличке (см. табл. 17 [доп. 14]), особое внимание при распределении элементов в их полной таблице должно быть уделено сопоставлению двух групп: щелочных металлов и галоидов. Обе названные группы Дм. Ив. охватил фигурной скобкой, как бы указывая этим, что они подлежат сопоставлению в первую очередь и что, следовательно, именно с них в дальнейшем надо будет начать окончательное формирование всей системы элементов.

Поэтому можно думать, что Дм. Ив. начал раскладывать свой «химический пасьянс» так (см. фотокопию IV): сначала в один ряд он расположил 5 карточек щелочных металлов, а затем под ними 4 карточки галоидов. На бумаге это зафиксировалось следующим образом (см. табл. 22 [доп. 20]):



Это было в точности повторением того, как располагались обе группы в нижней табличке (ср. табл. 17).

Вслед за обеими первыми группами шли в том же порядке, как и в нижней табличке, следующие три группы (группа O, группа N и группа C). причем вместе с группой N был на этот раз записан и $\text{Bi} = 210$.

Затем следовал пропуск одной строчки, как это уже делал Дм. Ив. дважды: в верхней табличке (см. табл. 12) и в нижней табличке (см. табл. 15 [доп. 14]).

Затем шла группа Mg и Zn и, наконец, — группа Cu, включавшая в себя и $\text{Hg} = 200$.

Всего, таким образом, было включено в «пасьянс» сразу 27 карточек элементов, из них 24 из центральной части системы. Это были единственные элементы, которые сразу встали на свои

места и в дальнейшем не подвергались никаким перестановкам. Следовательно, их положение в системе было ясным и бесспорным для Дм. Ив. с самого начала.

Итак, при составлении полной таблицы элементов Дм. Ив. не сразу перенес все элементы, занявшие свои места в нижней табличке, а только часть их, причем часть, самую исследованную и проверенную. Точно так же он поступил и тогда, когда переходил от верхней таблички к нижней: он переносил туда не сразу, а постепенно элементы, занявшие свои места в верхней табличке.

Размещение легких элементов (2-я кучка карточек). Сейчас же вслед за размещением 1-й кучки карточек «ясных» элементов Дм. Ив. приступил к размещению первой партии карточек легких элементов из 2-й кучки (см. табл. 23 [доп. 20]).

Вероятнее всего, что первой из них оказалась карточка Н, так как эта карточка могла быть положена сейчас же вслед за последними карточками из 1-й кучки, т. е. вслед за Cu, Ag и Hg. Первоначальное место Н в столбце Na, F и т. д. соответствует тому, каково оно было в нижней табличке (см. табл. 17). Но это место противоречило принципу расположения элементов по величине атомных весов, так как $H=1$ оказывался не под $Li=7$, а над ним. Дм. Ив. не мог не заметить этого, а потому он должен был включить Н не в число «ясных», или «бесспорных», элементов, а в число следующих за ними легких элементов. Следовательно, карточка Н должна была попасть не в 1-ю, а во 2-ю кучку.

Затем, по-видимому, Дм. Ив. положил карточку V между Р и As, а под нею — карточку Ti, которая оказалась, таким образом, лежащей около Si, в ряду С. Это также вполне соответствовало расположению обоих этих элементов в нижней табличке (см. табл. 18 [доп. 14]).

Одновременно Дм. Ив. за пределами таблицы, на ее полях внизу, записал элементы, карточки которых он уже выделил из 2-й кучки для помещения их в свой «пасьянс»: это были $Bo=11?$, затем столбец $Ni=58,8$, $Co=58,8$, $Fe=56$ и, наконец, $Al_2O_3 \cdot K_2O$ (см. фотокопию IV и табл. 23 [доп. 20]).

Указание на состав окиси Al, следовательно, на трехатомность Al совпадает с аналогичным указанием, которое было сделано в списке элементов (см. табл. 21).

Дальше, по всей вероятности, попали в «пасьянс» карточки Ca, Sr и Ba, причем с приписыванием им пока что не истинного атомного веса, а эквивалентного веса. В таком случае Ca? 20 попадал под $Mg=24$, Sr? 44 — в промежуточный столбец под $Ti=50$, а Ba? 68 — под $Cu=63,4$.

В первом случае место Ca? 20 было неправильным по отношению к следующему за ним $Na=23$, в последнем случае место

Ba? 68 было неправильным по отношению к стоящей над ним $\text{Cu}=63,2$. Это показывало, что группу щелочноземельных металлов нельзя было помещать в низу таблицы.

Но чтобы оправдать отказ от эквивалентов и переход к истинным атомным весам, нужно было знать теплосодержание щелочноземельных металлов, о чем как раз и писал Дм. Ив. в главе 3 2-й части «Основ химии». Это же самое он записал в самом верху на полях своей таблицы: «Надо {знать} теплом{содержание} Ca Ba Sr».

Итак, по крайней мере на первых порах составления полной таблицы элементов Дм. Ив. снял группу Ca с ее прежнего места над группой Na, где она стояла в нижней табличке; поэтому это должно было отразиться на тех элементах, которые в нижней табличке стояли еще выше (над группой Ca), т. е. на положении Al и Fe; в нижней табличке они стояли *через одну строчку* над Na и K, так как между ними и щелочными металлами располагались тогда щелочноземельные металлы (см. табл. 17 [доп. 14]).

Теперь же группа Ca перешла отсюда вниз, так что Al и Fe смогли опуститься на одну строку ниже и занять освободившуюся здесь после группы Ca строчку. Так это и делает Дм. Ив., ставя $\text{Al}=27$ непосредственно над $\text{Na}=23$ и $\text{Fe}=56$ — непосредственно над $\text{K}=39$.

Этим заканчиваются передвижки элементов на данной стадии создания периодической системы элементов по сравнению с нижней их табличкой. Далее идет включение в «пасьянс» новых карточек из той же 2-й кучки.

Идя в том же направлении, Дм. Ив. включил в «пасьянс» еще два элемента (Ni и Co), поставив их над $\text{Fe}=56$ в самой таблице, подобно тому как они были записаны до этого внизу на полях листа бумаги.

Однако теперь в таблице оба элемента были поставлены на одно место, а их атомные веса приравнены друг к другу:

$$\text{Co}=\text{Ni}=58,8 \text{ [доп. 24]}.$$

Наконец, Дм. Ив. включил в таблицу $\text{Cr}=52,2$, поставив его в один ряд с V (т. е. считая Cr трехатомным элементом); Дм. Ив. поставил Cr в промежуточный ряд под $\text{Ti}=50$.

Помещение Ni и Co над Fe в качестве членов семейства Fe, атомные веса которых (58,8) непосредственно примыкают к атомному весу Fe (56), было вполне оправдано. Это отвечает всем планам «Основ химии», где Co и Ni всегда ставились в непосредственной близости к Fe (см. табл. 3 [доп. 4] и 7 [доп. 6]).

Но отдаление $\text{Cr}=52,2$ от семейства Fe и помещение его не над $\text{V}=51$, а под $\text{Ti}=50$ казалось неоправданным; это шло враз-

рез с тем, что в упомянутых планах «Основ химии» Sr неизменно ставился в непосредственной близости к семейству Fe. Кстати, именно в этих планах Sr рассматривался как элемент трехвалентный, подобно Fe. Возможно, что Sr оказался под Ti=50 потому, что Дм. Ив. пытался на первых порах включить его в один ряд с трехатомным В.

Так или иначе, но была сделана попытка включить в таблицу элементов первое семейство (Fe), карточки членов которого оказались во 2-й кучке.

Табл. 23 отражает тот момент, когда в «пасьянс» были только что включены карточки первых 12 легких элементов из 2-й кучки. Осталось включить еще две карточки — Mn и Be. Но, перед тем как их включать, необходимо было уточнить места элементов, ранее включенных в таблицу, т. е. заняться перестановкой их карточек [доп. 22].

Это коснулось прежде всего H и группы Ca; [H=1] был зачеркнут во втором столбце, где он стоял под В=11, и передвинут в первый столбец, где он оказался на своем месте, ниже Li=7 (см. табл. 24 [доп. 22]).

Далее, общим росчерком пера были зачеркнуты [Ca? 20 Sr?44 Ba?68]; их эквиваленты были удвоены, т. е. для них Дм. Ив. вновь принял истинные атомные веса, после чего вся группа была передвинута на свое место над K, Rb и Cs, где она и стояла в нижней табличке (см. табл. 17). В итоге Ca, Sr и Ba заняли в системе свои окончательные места.

Перестановка группы щелочноземельных металлов повлекла за собой и другие перестановки в «пасьянсе»: были передвинуты Fe и Al.

После всех этих перестановок члены семейства Fe и примыкающие к нему элементы (Cr и Mn) разместились крайне неудачно: Fe=56 оказался не *под* своими более тяжелыми аналогами: Ni=Co=59, а *над* ними; Cr оторвался от Fe и попал в одну группу с В; Mn не был еще совсем включен в таблицу.

Между тем под Fe=56 Дм. Ив. предусмотрительно оставил два свободных места, на которые в порядке величины атомных весов он поставил сначала Mn=55, а позднее под Mn поставил еще Cr=52,2, перенесенный сюда с его первоначального места в центре таблицы.

Следует указать, что такое размещение Cr, Mn и Fe отвечало всем ранее составленным планам «Основ химии» (см. табл. 5 [доп. 4] и 7 [доп. 6]). Теперь, для того чтобы все семейство Fe с обоими примыкающими к нему элементами (Cr и Mn) могло расположиться по величине атомного веса, необходимо было Ni=Co=59, оказавшиеся под Cr=52,2, вычеркнуть отсюда и либо передвинуть на место выше Fe=56, как они и стояли первоначально (см. табл. 23 [доп. 20]) либо поставить в низу следую-

щего столбца, под $\text{Cu}=63.4$. Дм. Ив. так и поступает: он ставит Co под Cu , а Ni под Co .

Табл. 24 отражает тот момент составления полной таблицы элементов, когда во 2-й кучке осталась лишь одна карточка Be и Дм. Ив. стал готовиться к включению в «пасьянс» карточек тяжелых элементов из 3-й кучки.

3. Окончание «химического пасьянса»

(Последние две кучки карточек.

Полная черновая таблица элементов)

Размещение тяжелых элементов (3-я кучка карточек). Всего в 3-й кучке, по моему предположению, было с самого начала 17 карточек; к ним присоединилась последняя карточка Be из 2-й кучки, оставшаяся невключенной в «пасьянс». Таким образом, здесь оказалось 18 карточек. Дм. Ив. переписал их в виде общего списка на полях таблицы в самом низу листа бумаги (см. фотокопию IV и табл. 25 [доп. 23]). Этот список мы будем поэтому называть списком тяжелых элементов или, короче, нижним списком.

По мере включения карточек элементов в свой «пасьянс» Дм. Ив. вычеркивал их из нижнего списка, а потому все символы соответствующих элементов, кроме In , оказались в конце концов в этом списке зачеркнутыми (см. фотокопию IV).

Всего на этой стадии составления таблицы элементов в «пасьянс» было включено 12 карточек из 3-й кучки. Часть из них Дм. Ив. поставил на те самые места, которые соответствующие элементы уже занимали в нижней табличке. Это были:

$\text{Be}=14$, вставший перед Al , над Li ;

$\text{Pt}=197.4$, вставший под $\text{Bi}=210$, за $\text{Sn}=118$;

$\text{Au}=197$, вставшее в ряду B , под $\text{Pt}=197.4$.

Остальные 9 элементов не присутствовали в нижней табличке.

Помещение Ir и Os в ряду (группе) C и Si на одном месте с Pt было предопределено раньше помещением в этот ряд Pt , что было сделано Дм. Ив. еще в нижней табличке (см. табл. 17). Это было сделано подобно тому, как незадолго перед тем Ni и Co были помещены на одном месте около Fe .

Таким образом, помещение в нижней табличке Fe над Ca и Pt под Bi явилось указанием тех мест, на которые Дм. Ив. собирался поместить и остальные члены того и другого семейства.

Помещение семейства Pl (т. е. палладия) над Sr почти в точности повторило помещение семейства Fe над K в соседнем столбце слева. Здесь, как и там, также на одно место по-

ставлены два аналога палладия — родий (Ro) и рутений (Rh): $Ro = Rh = 104,4$, причем как раз против того места, где стояли $Ni = Co = 59$.

Разница лишь в том, что в семействе Fe более легкое Fe стояло *под* более тяжелыми Ni и Co, а в семействе Pt более тяжелый $Pt = 106,6$ встал *над* более легкими Ro и Rh.

Что касается Zr, то он уже однажды ранее (в верхней табличке) оказывался в том же ряду, но не в промежуточном столбце, а под As. Теперь же он встал в один ряд не только с Si и Sn, но и с Ti, полным аналогом которого он является. Эту связь Zr с Ti и другими металлами, сходными с Si, Дм. Ив. отмечал уже в предыдущих планах «Основ химии» (см. табл. 5 и 7).

Уран Дм. Ив. относил к трехатомным элементам (исходя из состава высшего окисла U_3O_8); поэтому в планах «Основ химии» он ставил его в одну группу с семейством Fe, в том числе и Cr (см. табл. 5 и 7). Теперь же, в связи с образованием особой группы трехатомных элементов (B, Cr и Au), Дм. Ив. включил сюда и U.

Но, чтобы иметь возможность поставить U между $Sn = 118$ и $Cd = 112$, Дм. Ив. уменьшил его атомный вес со 120 до $U = 116$?. Знак вопроса означает здесь, что произведенное уменьшение атомного веса U до 116 вызвано исключительно этими соотношениями, а не тем, что точность определения атомного веса ставилась до тех пор под сомнение, как это было, например, с In.

Свинец с его эквивалентом Pb? 103 был поставлен под $Ag = 108$ по аналогии с таким же включением Ca и Ba, причем Pb был поставлен в тот же ряд, в какой были сначала включены и эти элементы. Аналогией такого рода подчеркивалась связь между Pb и щелочноземельными металлами. Не случайно в плане «Основ химии» 1868 г. Pb стоит в ряду двуатомных элементов, в непосредственном соседстве с Ba (см. табл. 3).

Наконец, $Tl = 204$, который считался в своей низшей степени окисления (Tl_2O) аналогом щелочных металлов, был поставлен в последний столбец в ряду Na и K, сразу за $Cs = 133$.

Табл. 25 [доп. 23] фиксирует достигнутый момент постройки полной таблицы элементов, когда все три семейства будущей 8-й группы периодической системы были уже включены в таблицу, но были полностью разобщены между собою, находясь на трех разных «окраинах» системы элементов: семейство Fe — частично на самом верхнем крае таблицы, частично на самом нижнем ее крае; семейство Pt — на верхнем крае таблицы, а семейство Pb — на правом ее крае.

Возникла задача объединить все три семейства вместе, поскольку связь между ними была несомненна, а затем

попытаться присоединить к ним четвертое семейство (Ce, La, Di).

С другой стороны, возникала задача очистить периферию системы от элементов, которые попали сюда неправильно, стоят здесь особняком (Pb) и действительное место которых было в центральной части системы (Be и Al).

Такое очищение «окраин» системы Дм. Ив. и произвел (см. табл. 26 [доп. 23]). Прежде всего Дм. Ив. снял Be с верхнего края системы и перенес его в ее центр. С этой целью он принял для окиси Be не глиноземную (Be_2O_3), а магнезиальную формулу (BeO), т. е. признал Be не трехатомным, а двуатомным элементом. В результате этого атомный вес Be уменьшился в полтора раза, с 14 до 9,4.

Тем самым связь между Be и Al (в смысле отнесения их к одной и той же группе трехатомных элементов) оказалась нарушенной, и Be в качестве двуатомного элемента был снят с места над Li и передвинут на место под $\text{B}=11$, в группу Mg, Zn и Cd, т. е. в группу двувалентных металлов.

Оставшийся в одиночестве $\text{Al}=27,4$ был снят с места над $\text{Na}=23$ и передвинут на место под $\text{Si}=28$, в группу бора, т. е. в группу трехатомных элементов.

Вслед за тем $\text{Cr}=52,2$ был снят с его первоначального места в ряду бора (в группе B) и передвинут в семейство Fe, где он занял место под $\text{Mn}=55$.

После этого Дм. Ив. снял все три семейства будущей 8-й группы (Fe, Pt и Pb) вместе с примыкающими к Fe металлами (Cr и Mn) с их мест на «окраинах» таблицы элементов и перенес их вниз, за пределы системы элементов, где и образовал из них особую, частичную, табличку.

Наконец, $[\text{Pb? } 103]$ был снят с места под $\text{Ag}=108$ и передвинут в группу щелочноземельных металлов; при этом его эквивалентный вес был удвоен, и $\text{Pb}=207$ был поставлен на место над $\text{Tl}=204$.

В итоге всех этих перестроек вся верхняя и нижняя «окраины» системы элементов полностью очистились: выше группы Ca и ниже группы Cu не осталось в таблице ни одного элемента. Момент очищения «окраин» системы и составления частичной таблички элементов зафиксирован на табл. 26.

Задача состояла теперь в том, чтобы подключить к центральной части и к последнему столбцу системы элементов частичную табличку, составленную из трех семейств с примыкающими к ней двумя элементами (Cr и Mn).

Такое подключение Дм. Ив. произвел следующим образом (см. табл. 27 [доп. 23]):

$\text{Co}=60$ и следующие за ним члены семейства Fe примкнули к Cu $= 63,4$;

$Pt=106,6$ и его семейство — к $Ag=108$;

$Pt=197,4$ и ее семейство — к $Hg=200$.

После этого в первом длинном столбце внизу оказалось пять членов, а в обоих следующих — по три члена. Это открывало перед Дм. Ив. возможность поместить другие элементы на соответствующих местах под $Ru=104,4$ и $Os=199$ и прежде всего семейство Ce , из которого сам Ce уже участвовал в нижней табличке, а La и Di включались впервые.

Подобно тому как раньше Дм. Ив. помещал на одно место все семейство Pt , а также Ni и Co и соответственно Ru и Rh , так теперь он поместил на одно место против $Mn=55$ (под Rh) все семейство Ce в составе $Di=95$, $La=94$ и $Ce=92$, вычеркнув его из нижнего списка.

Далее, под семейством Ce , против трехатомного $Cr=52$, Дм. Ив. поместил трехатомные $Mo=96$ и $W=186$, также вычеркнув их из нижнего списка.

Но после помещения Mo в один ряд с Cr более легкие церитовые металлы оказались не *под* более тяжелым Mo , а *над* ним. В связи с этим Дм. Ив. зачеркивает сразу все семейство Ce в низу таблицы и переносит его наверх, помещая его над $Sr=87,6$, причем $Ce=92$ оказывается теперь как раз на том же месте, на котором он стоял в нижней табличке (см. табл. 17).

Момент формирования верхней и нижней «окраин» системы элементов путем подключения сюда четырех семейств (Fe , Pt и Pt — внизу и Ce — сверху), а также Mo и W представлен на табл. 27 [доп. 23].

На этом заканчивается размещение карточек тяжелых элементов из 3-й кучки; осталась лишь одна карточка In ; соответственно этому в нижнем списке не вычеркнута лишь одна запись:

72
 $In?O$.

Поскольку после размещения карточек тяжелых элементов из 3-й кучки следовало перейти к размещению карточек сомнительных элементов из 4-й (последней) кучки, то было вполне естественно, что к этим последним Дм. Ив. присоединил карточку In , оставшуюся от 3-й кучки, тем более что атомный вес In не мог считаться окончательно установленным.

Наверху, на правом крае листа бумаги с таблицей элементов, Дм. Ив. записал столбцом 6 сомнительных элементов (Eg , In , Nb , Ta , Th и Yt) с предположительными формами их соединений (In_2O , Nb_2O_5 , Ta_2O_5 , TaO_2 , ThO , ThO_2) и с предположительными значениями их атомных весов (см. табл. 28 [доп. 24]). Этот столбец в дальнейшем мы называем списком сомнительных элементов.

Первыми из этого списка были перенесены в таблицу два элемента — Nb и Ta; это — единственные элементы из этого списка, которые стали на свои естественные места в системе. Остальные окажутся в конце концов за ее пределами вместе с поставленными там уже церитовыми металлами.

Перенесенные в таблицу Nb и Ta вычеркиваются затем из списка сомнительных элементов. Теперь открылось свободное место для пятиатомного элемента под Cr = 52, в одном ряду с Nb и Ta.

Но, перед тем как заполнить это место, Дм. Ив. попытался определить место In в таблице. В нижней табличке (см. табл. 17) In = 36 попадал в промежуточный столбец, в группу Mg и Zn, между Mg = 24 и Zn = 65, поскольку In является спутником Zn. Но при этом состав окисла In принимался за In_2O , и попадание одноатомного In в группу двуатомных металлов казалось неоправданным.

С удвоением эквивалентного веса In и с введением формулы In_2O для окисла индия In = 72 оказывался двуатомным, и потому его помещение в ту же группу Mg и Zn было бы теперь более оправдано.

Исходя из того, что In связан с Zn и Cd, Дм. Ив. уже в плане «Основ химии» 1869 г. составил из них одну группу (см. табл. 7 [доп. 6]). В соответствии с этим он попытался теперь включить In = 72 ? между Zn = 65,2 и Cd = 112, в промежуточный столбец ниже Zr = 90.

Не удовлетворившись этим, Дм. Ив. предпринял расчеты с целью проверить, не подойдет ли In = 72 на какое-либо другое место в системе элементов. Для этого на левом крае листа бумаги с таблицей элементов Дм. Ив. записал столбцом элементы группы C и определил ход разностей атомных весов (см. табл. 28).

Оказалось, что между Ti = 50 и Zr = 90 (следовательно, через строчку над Zn = 65,2) должен встать какой-то не известный еще элемент x с атомным весом 72. Но в этот ряд входят только четырехатомные элементы, а потому помещение здесь In = 72 было бы неоправданным. Что же касается предположения об элементе $x = 72$, то оно впоследствии оформилось у Дм. Ив. как предсказание экасилиция.

В то же время Дм. Ив. пришел к выводу о том, что нецелесообразно сохранять в центральной части системы остатки первоначально наметившихся здесь промежуточных столбцов. Так как только что открылось место в ряду Nb и Ta под Cr = 52, то на это место он и поставил V = 51, тем более что V дает высший окисел состава V_2O_5 .

Ниже V Дм. Ив. поставил Ti = 50, как это и было в первом промежуточном столбце, а на соседнее место с Ti он перенес Zr = 90 из второго промежуточного столбца.

Для полной ликвидации второго промежуточного столбца осталось снять $\text{In}=72?$ с его места между Zn и Cd , что и сделал Дм. Ив. В итоге карточка In вновь вернулась в 4-ю кучку.

В результате всех этих действий не включенными в систему оказались 4 элемента. Их символы Дм. Ив. записал в низу таблицы:

«Не взошли» In Er Th Yt ».

Этот момент «пасьянса» зафиксирован на табл. 28.

Продолжая размещение сомнительных элементов, Дм. Ив. выносит на верхний край системы (фактически за ее пределы) Yt , Er , Th и, наконец, In (см. табл. 29 [доп. 24]). Табл. 29 фиксирует этот заключительный момент составления полной таблицы элементов. Значком $\#$ Дм. Ив. отметил завершение своей работы над системой.

Сопоставим общий результат, достигнутый при составлении полной черновой таблицы элементов, с тем, что ранее дала предшествующая ей нижняя табличка (см. табл. 30 [доп. 24]). Такого рода сопоставление убеждает нас в том, что отправным пунктом и общей основой при проведении «химического пасьянса» послужила Дм. Ив. упомянутая (нижняя) табличка.

Проанализируем теперь ход составления Дм. Ив. полной таблицы элементов в процессе раскладывания «пасьянса» (см. табл. 31 [доп. 25]), а также рассмотрим преемственную связь полной черновой таблицы элементов, появившейся в результате «пасьянса», с предшествовавшей ей нижней табличкой элементов (см. табл. 32 [доп. 25]).

Анализ хода составления таблицы элементов в процессе раскладывания «пасьянса» полностью, как нам кажется, подтверждает выдвинутое нами ранее предположение, что исходным пунктом и основой для этого послужила Дм. Ив. нижняя табличка.

Так завершился 4-й (решающий) этап открытия периодического закона.

4. Подытоживание «химического пасьянса»

(«Опыт системы элементов»)

Теперь, когда периодический закон был открыт и была составлена периодическая система элементов в первом ее варианте, оставалось сделать еще один шаг: надо было оформить достигнутый результат работы в виде чистой таблицы, по которой другие ученые могли бы ознакомиться с открытием, сделанным Дм. Ив.

Речь шла, следовательно, о подготовке полученного результата к его публикации. Такая подготовка предполагала прежде

всего переписывание таблицы набело с черновика, изображенного на фотокопии IV. Таблица, которую Дм. Ив. переписал набело под заглавием «Опыт системы элементов, основанной на их атомном весе и химическом сходстве», изображена на фотокопии V¹. В эту таблицу Дм. Ив. внес при ее переписывании следующие изменения:

Во-первых, элементы в ней располагались не в порядке убывания, а в порядке *возрастания* атомных весов, если следовать вдоль столбцов сверху вниз; другими словами, теперь более тяжелые элементы подписывались под более легкими, а не наоборот, как это делалось раньше.

Во-вторых, на тех местах, где были пропуски и где можно было предполагать не известные еще элементы, Дм. Ив. поставил знак вопроса и предположительно вычислил атомные веса. При этом карточки элементов, очевидно, уже не использовались вовсе. Всего таких предположительных элементов Дм. Ив. наметил 6, причем два из них уже наметились раньше:

1) $? = 22$ над $Mg = 24$, между H и Cu ;

2) $? = 70$ над $As = 75$, между Si и Sn .

Первый фигурировал в верхней табличке как $? = 18$ и как простая черта, а в нижней — как знак вопроса.

Второй фигурировал на полях полной черновой таблицы как $x = 70$ с последующим исправлением 70 на 72.

Остальные четыре предполагаемых элемента появились здесь впервые, хотя два из них группировались около первых двух и были, так сказать, предопределены ими. Это были:

3) $? = 8$, поставленный над $Be = 9,4$, между $H = 1$ и $? = 22$;

4) $? = 68$, поставленный над $? = 70$, между Al и Ug .

Кроме того, на периферии системы Дм. Ив. наметил еще два места для неизвестных элементов:

5) $? = 45$ под $Ca = 40$, в низу таблицы;

6) $? = 180$ над $Ta = 182$, вверху таблицы.

В-третьих, на правом крае таблицы Дм. Ив. начал было определять неизвестный элемент в ряду $Zn - Cd$, под $Hg = 200$, и написал уже $? =$, но затем зачеркнул это, полагая, по-видимому, что столбец с самыми тяжелыми элементами составлен еще недостаточно правильно.

В связи с этим последним обстоятельством Дм. Ив. поставил два знака вопроса около $Au = 197?$ и $Bi = 210?$, поскольку оба эти элемента по величине своих атомных весов выпадали из общего ряда элементов, расположенных в порядке возрастания атомных весов.

¹ Расшифровка фотокопии V дана в табл. 33 [доп. 26], ср. с табл. 34 [доп. 26] и табл. 35 [доп. 28].

В-четвертых, для того чтобы избежать образования двух пустых мест в ряду $Mn=55$ (тогда в этом ряду остался бы один Mn), Дм. Ив. вновь поставил на одно место $Ni=Co=59$; тем самым он сократил на единицу число звеньев в столбце $Ti—Cu$, приравняв это число к числу звеньев в соседних с ним столбцах $Zr—Ag$ и $?=180—Hg$.

Наконец, в-пятых, Дм. Ив. пытался изменить место H в системе, записав $H=1$ сначала в ряду $B—Al$; но затем он передвинул его на прежнее место, в ряду $Cu—Ag$.

Все эти изменения сведены в табл. 33 [доп. 26].

Этим ограничиваются основные изменения, которые Дм. Ив. внес в свою таблицу при ее переписывании набело. Таблице он дал название и датировал ее 17 февраля 1869 г. На полях он сделал несколько замечаний для типографии.

Можно думать, что корректуру листка с «Опытом системы элементов» Дм. Ив. держал в 20-х числах февраля, внося в нее несколько исправлений, которые изображены на табл. 34 [доп. 26]. Подробнее об этих исправлениях будет сказано ниже.

Так прошел один из величайших дней в истории науки, день открытия периодического закона и создания периодической системы химических элементов.

ГЛАВА IV

ПОСЛЕ ДНЯ ОТКРЫТИЯ. КОНЕЦ ФЕВРАЛЯ

(Первая статья: «Соотношение свойств
с атомным весом элементов»)

«...Я и старался основать систему на величине атомного веса элементов... Подобных распределений возможно большое число. Они не изменяют существа системы».

(Д. И. Менделеев, Соотношение свойств
с атомным весом элементов.)

Постараемся теперь выяснить, чем был занят Дм. Ив. ближайшие дни, последовавшие сразу же за днем открытия периодического закона (см. примечание на стр. 36). При этом, как и раньше, нас будут интересовать только те события, которые стояли в связи со сделанным открытием. Условно эти события можно подразделить на два периода:

1) *февральский* (написание статьи «Соотношение свойств с атомным весом элементов»);

2) *мартовский* (отъезд на сыроварни).

В этой главе рассматривается только первый из этих периодов.

Отдав в типографию для набора рукопись «Опыта системы элементов», Дм. Ив., естественно, не мог уехать из Петербурга на сыроварни до тех пор, пока не пришла корректура, которую он просил прислать поскорее.

Для набора требовалось некоторое время, и это время Дм. Ив. использовал для того, чтобы обобщить и обработать сделанное им открытие в виде статьи, изложив в ней то, что было заключено в «Опыте системы элементов».

По вполне понятным соображениям статью о сделанном открытии Дм. Ив. решил опубликовать в только что начавшем выходить, с 1869 г., «Журнале Русского химического общества», редактором которого был Н. А. Меншуткин (1842—1907).

В связи с опубликованием статьи о периодическом законе в «Ж. Р. Х. О.» Дм. Ив. нужно было сначала доложить ее содержание на заседании Русского химического общества, которое собиралось по первым четвергам каждого месяца. Ближайшее после 17 февраля 1869 г. заседание приходилось, таким образом, на 6 марта 1869 г.



Письменный стол Дм. Ив. в его рабочем кабинете в здании Петербургского, ныне Ленинградского, университета. Современный вид

1. Подготовка статьи

При подготовке статьи, которая должна была явиться докладом для зачитания на заседании Русского химического общества, Дм. Ив. обратил особое внимание на различные таблицы элементов, в которых может быть выражена периодичность свойств элементов. Возможность таких форм была выявлена Дм. Ив. в ходе составления «Опыта системы элементов». Не случайно он назвал свою первую таблицу именно *опытом системы*, а не *системой* элементов, подчеркивая этим ее предварительный, пробный, не окончательный характер [доп. 27].

Рассмотрим подробнее, как шла подготовка упомянутой статьи.

После того как в течение одного дня (17 февраля 1869 г.) как бы единым порывом гениальной менделеевской мысли было сделано одно из величайших открытий в науке, перед Дм. Ив. встала задача сообщить об этом открытии, о его содержании и значении.

Сообщить об открытии означало написать статью о вновь открытом законе природы и о системе элементов, построенной на основе этого закона. Откладывать написание такой статьи было нельзя; ее надо было закончить не позднее начала марта, дабы успеть доложить ее на ближайшем же заседании Русского химического общества.

Поэтому, надо полагать, на другой же день после сдачи в набор листка «Опыт системы элементов», т. е. 18 февраля 1869 г., Дм. Ив. приступил к написанию упомянутой статьи. В ней не могли не отразиться те трудности, с которыми столкнулся Дм. Ив. в процессе открытия периодического закона и создания своей системы элементов, а также различные варианты решения задачи, которые проглядывали у Дм. Ив. в обеих неполных таблицах (см. фотокопию III) и особенно в полной черновой таблице (см. фотокопию IV и [доп. 20—24]).

Поскольку Дм. Ив. нашел принципиально новую основу для построения системы элементов, он должен был для лучшей ее характеристики противопоставить ее прежним принципам систематического распределения элементов. С этого Дм. Ив. и начинает изложение своей статьи. Он показывает несостоятельность систем, основанных на одном из следующих признаков:

- 1) на разделении элементов на *металлы* и *металлоиды*;
- 2) на *отношении* их к *водороду* и *кислороду*;
- 3) на распределении их по их *электрохимическому порядку*;
- 4) либо, наконец, на их распределении по *атомности*.

В связи с этим Дм. Ив. показывает, что существует аналогия у Bi, V, Sb и As с P и N; у Te с Se и S; у Si, Ti и Zr со Sn, т. е. у металлов с неметаллами.

При этом в названные группы включены элементы, которые в нижней неполной табличке и в полной черновой таблице почти до самого ее окончания (см. табл. 27) составляли промежуточные столбцы (V и Ti; Zr). В такие группы те же элементы были включены еще в плане 1868 г.:

V с P; Ti и Zr с Si и Sn.

По своему отношению к H и O должны быть разъединены и поставлены в разные группы: Mg, Zn и Cd; Cu и Ag; далее, Tl должен оторваться от сходственных с ним щелочных металлов, Pb — от сходственных с ним Ba, Sr и Ca; Pl, Rh и Ru отдаются от Os, Ir и Pt.

Эта критика Дм. Ив. основывается уже на том, что было найдено на заключительной стадии составления полной таблицы элементов (см. фотокопии IV и V).

Но особый интерес представляет для нас критика Дм. Ив. принципа распределения элементов по их атомности.

Как мы видели выше, Дм. Ив. сам в 1868 г. при написании 1-й части «Основ химии» и при составлении плана их 2-й части (см. фотокопию I и [доп. 3]) придерживался принципа распределения элементов по атомности. Он располагал их в ряды по типам H, O, N и C как представителей одно-, дву-, трех- и четырехатомных элементов.

От этого принципа Дм. Ив. отказался лишь в момент открытия периодического закона, когда он стал нащупывать более глубокую и точную основу для распределения элементов — по величине их атомных весов.

По поводу распределения по атомности Дм. Ив. указывает в своей статье:

«В самом принципе этого направления существует много шаткого. Вызвано это учение исследованием органических и особенно металлоорганических соединений, применимостью к ним закона чегных паев, общего понятия о пределе химических соединений, и стремлением обойти гибкое учение о типах. Эти отношения не применимы или мало применимы к соединениям других элементов...» [2, 4].

В качестве примера Дм. Ив. приводит N, дающий, как и Hg, многие нечетнопайные соединения; V, Mo и W, Mn, Cr, Ur, As, Sb и семейство Pt, образующие соединения различной атомности.

В 1-й части «Основ химии» Дм. Ив. рассматривал N как трехатомный элемент; в раннем плане 2-й части «Основ химии» (фотокопия I) Hg была зачислена в ряд двуатомных элементов; Cr, Mn, Ur и Mo — в ряд трехатомных элементов; W и Pt — в ряд четырехатомных элементов, а V, As и Sb — в особый ряд трехатомных элементов.

Критикуя принцип распределения элементов по атомности, Дм. Ив. тем самым подвергает критике свое собственное первоначальное их распределение, оказавшееся несостоятельным.

Однако и позднее, уже в ходе открытия периодического закона, Дм. Ив. старался по возможности придерживаться первоначальной своей наметки (т. е. плана 1868 г.). Так, и в нижней неполной табличке (см. фотокопию III) и на первых порах в полной черновой таблице элементов (см. фотокопию IV) он поставил Pt, а затем и все ее семейство в ряд четырехатомных элементов, как это он сделал в плане 1868 г.

Лишь позднее он отказался от такого помещения Pt в таблице элементов. Это показывает, как долго еще давал себя знать у Дм. Ив. шаткий принцип распределения элементов по атомности.

Открыв периодический закон, Дм. Ив. сделал ясный вывод в отношении только что перечисленных элементов, что «нет возможности, по крайней мере в настоящее время, и думать применить к пониманию соединений этих элементов строгого понятия об их атомности» [2,4].

Далее Дм. Ив. указывает, что для Al вовсе неизвестно соединений, содержащих один его атом. Не случайно поэтому Дм. Ив. привел дважды в своих записях формулу Al_2O_3 (см. табл. 21 [доп. 16] и фотокопию IV), причем в последнем случае в форме алюмината.

Дм. Ив. отмечает, что для Cu и Hg соединения закиси (т. е. R_2O , где они, подобно Ag, одноатомны) во многих отношениях более прочны, чем соединения окиси (т. е. RO , где они двухатомны).

Таким образом, Дм. Ив. объясняет, почему он объединил в одну группу (Cu, Ag и Hg) элементы разной атомности, руководствуясь признаком прочности их соединений одинаковой атомности.

Эту группу он составил еще в плане 1868 г. (см. фотокопию I), но там он отнес ее к ряду двухатомных элементов.

Начиная с верхней неполной таблички (см. фотокопию III), Дм. Ив. присоединил H к этой группе. Из дальнейшего текста статьи становится ясным, почему он так сделал:

«При определении атомности элемента, — писал Дм. Ив., — приходится делать вывод об ней на основании частичного состава произвольно избранных соединений. Если избрать напр. для меди двуххлористую медь, как предельное соединение, то оказывается, что предельное соединение меди есть тело очень непрочное, легко дающее соединение неопредельное — полухлористую медь, где медь есть элемент одноатомный. Если же избирать высшие, даже мало прочные соединения, как такие, по которым определяется атомность, то можно даже сом-

неваться в атомности водорода, потому что в перекиси водорода находится соединение одного атома водорода с одним атомом кислорода, как и в окиси меди или ртути» [2, 4—5].

Из этих слов следует, что в группу H, Cu, Ag и Hg оказались включенными элементы, дающие прочные соединения состава RX и непрочные — состава RX_2 (кроме Ag).

Лишь позднее (в октябре 1871 г.) Дм. Ив. провел различие между окисями и истинными перекисями.

Важно отметить, что основу для составления в данном случае самостоятельной группы элементов Дм. Ив. видит в наличии общего характера атомности и ее количественного значения у всех членов, вошедших в данную группу. Это касается не только группы Cu; Дм. Ив. указывает, что если руководствоваться не признаком прочности, а признаком *предельности* соединения, то «тогда мышьяк, фосфор и азот, сурьму и пр. должно признать за элементы пятиатомные и даже семиатомные...» [2, 5].

Исходя же из признака прочности, Дм. Ив. относит их к ряду строго трехатомных элементов, а потому присоединяет к ним и Bi. Но, как увидим далее, он ищет и другой вариант решения вопроса, ставя Bi в группу бора (см. фотокопии VI и VII).

Лишь в октябре 1869 г., спустя семь с половиной месяцев со дня открытия периодического закона, Дм. Ив. отказывается от признака прочности соединений и переходит к признаку их предельности при обосновании распределения элементов по их группам в периодической системе элементов.

Интересно указание Дм. Ив. на то, что Pb в металлоорганических соединениях четырехатомен, «тогда как его минеральные соединения заставляют считать его двухатомным» [2, 4].

Но, как мы видели выше, Дм. Ив. считает специфической ту атомность элементов, которая проявляется в их минеральных соединениях в отличие от проявляющейся в органических соединениях (особенно в металлоорганических соединениях), где господствует понятие о пределе. Поэтому для Pb в общей системе элементов Дм. Ив. находит место не в группе четырехатомных элементов (т. е. не в группе Si — Sn), а в группе двухатомных, щелочноземельных металлов, как это он делал в плане 1868 г. (см. фотокопию I).

Далее Дм. Ив. указывает:

«Справедливость мнения о шаткости принципа атомности элементов в применении к системе элементов очевидна из того, что поныне не выработалось ни одной строгой системы в этом отношении, а также из того, что при этой системе такие элементы, как кремний и бор, должны быть далеко удалены друг

от друга, как серебро, медь и ртуть, сурьма и висмут, таллий и цезий» [2, 5].

Напротив, уже в нижней неполной табличке бор оказался в непосредственной близости от Si, расположившись по диагонали от него в соседнем с ним столбце; то же — в полной таблице элементов.

Показав, что до сих пор нет ни одного общего принципа, позволяющего расположить элементы в более или менее стройную систему, Дм. Ив. писал:

«Только относительно некоторых *групп элементов* не существует сомнения, что они образуют одно целое, представляют естественный ряд сходственных проявлений материи. Таковы группы: галоидов, металлов щелочных земель, группа азота и отчасти серы, спутников платины, спутников церия да немногие другие» [2, 6].

Первые четыре группы как раз и составили первые четыре строчки, с которых началось размещение карточек 1-й кучки «ясных», или «бесспорных», элементов; это были группы Na, F, O и N. Они же составили центральную часть нижней неполной таблички (см. фотокопии III и IV).

Последние два семейства (Pt и Ce) также фигурировали на периферии полной черновой таблицы и неполной нижней таблички (см. те же фотокопии).

Здесь же все эти шесть групп Дм. Ив. включил в число групп, не вызывающих сомнения в их естественности. Но если первые четыре группы не вызвали сомнения в их положении в таблице, то последние две такое сомнение вызвали, пока они не были размещены так, как это получилось у Дм. Ив. окончательно (см. фотокопию V).

Но в отношении Ce и его спутников такое окончательное их положение не устранило сомнения в правильности их помещения в системе элементов.

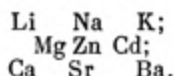
Далее Дм. Ив. указывает на то, что было сделано много попыток «открыть законность в тех отношениях, какие замечаются в рядах элементов, принадлежащих к *одной группе*» [2, 6].

Например, много раз проводилась параллель между Li, K, Na и Ca, Sr, Ba, с одной стороны, и Cl, J, Br — с другой; а также — O, S, Se и Te, N, P, As и Sb.

Эти параллели отразились у Дм. Ив. в нижней неполной табличке, где была сопоставлена группа K, с одной стороны, с группой Ca (сверху), а с другой стороны, с группой Cl (снизу); затем шли группы S и P. Следовательно, эти сопоставления были отражены в общем ряде групп:

Ca, K, Cl, S, P.

Дм. Ив. ссылается также на сопоставление следующих трех групп или рядов, сделанное ранее:



Очевидно, что здесь группа Mg, Zn и Cd играет роль группы «промежуточных» (между щелочными и щелочноземельными металлами) элементов, о которых писал Дм. Ив. в первых главах 2-й части «Основ химии» и которые составили главную трудность, вставшую перед ним при переходе от 2-й и 3-й глав к 4-й и 5-й.

Как увидим далее, отказавшись вначале от идеи «переходных» элементов, т. е. установив непосредственный переход от группы K к группе Ca, Дм. Ив. в дальнейшем выдвинул такой вариант периодической системы, где группа Zn и группа Cu играли роль именно таких переходных групп (см. фотокопии VI и VII).

Со всей резкостью Дм. Ив. отметил, что рассмотренные выше отношения между группами элементов «представлялись и представляются до сих пор нашему уму, как некоторые отрывочные сведения, не ведущие к полной системе элементов, а только оправдывающие распределение их по естественным группам» [2, 6].

Открытие Rb, Cs и Tl потребовало расширить вдвое прежнюю триаду щелочных металлов.

Как видим, Дм. Ив. исходит здесь из включения Tl в данную группу, как это он сделал в полной черновой таблице элементов (см. фотокопию IV).

Далее Дм. Ив. подчеркивает прямую связь между своей работой над «Основами химии» и поисками более прочной и точной основы для системы элементов:

«Предприняв составление руководства к химии, названного «Основы химии», я должен был остановиться на какой-нибудь системе простых тел, чтобы в распределении их не руководствоваться случайными, как бы инстинктивными побуждениями, а каким-либо определенно точным началом» [2, 7].

Таким началом может служить, как показывает Дм. Ив., только *атомный вес*. Приемы определения величины атомных весов Дм. Ив. считает незыблемыми и несомненными, так что не возникает сомнений в величине истинного атомного веса для большинства элементов, особенно для тех, теплоемкость которых в свободном состоянии уже определена.

Из этих слов Дм. Ив. следует вывод, что для *меньшинства* элементов, особенно для тех, теплоемкость которых в свободном состоянии еще не была определена, возникают сомнения

$Li = 6,7$ $K = 39$ $Ru = 85,4$ $C_3 = 133$ $H = 204$
 $Na = 23$ $Ca = 62,1$ $Ag = 108$?
 $Be = 9,4$ $Ca = 40$ $Ir = 219,6$ $Ba = 137$ $Pb = 207$
 $Mg = 24$ $Zn = 65,2$ $Cd = 112$?
 $B = 11$ $Al = 27,4$? $U = 116$? $Bi = 210$
 $C = 12$ $Si = 28$? $Zr = 90$ $Sr = 118$?
 $N = 14$ $V = 51$ $As = 75$ $Nb = 94$? $Ta = 182$
 $P = 31$ $Sb = 122$?
 $O = 16$ $S = 32$? $Se = 79$? $Te = 125$? $W = 186$
 $F = 19$ $Cl = 35,5$? $Br = 80$? $I = 127$?
 $Cr = 52$ $Mo = 96$ $Au = 197$ $Pt = 195$
 $Mn = 55$ $Rh = 104,4$ $Pd = 106,4$
 $Fe = 56$ $Ru = 101,1$ $Os = 190$
 $Ni = 59$ $Pt = 195$ $Ir = 219$

Фотокопия VI.

Вариант системы элементов горизонтального типа с частично укороченными рядами; составлен при написании первой статьи о периодическом законе (конец февраля 1869 г.).

Расшифровку см. в таблицах 36, 37, 38, 39 и 40 [доп. 28]

относительно их атомных весов и существует опасность, что вместо их истинного атомного веса химики пользуются на деле их эквивалентами.

Такой именно вывод подтверждается следующими данными:

1) Дм. Ив. выделил целую кучку карточек «сомнительных» элементов (4-ю кучку), чьи атомные веса не были установлены с достаточной достоверностью;

2) он колебался в выборе между эквивалентом и удвоенным эквивалентом («термическим паем») для Ca, Sr, Ba и Pb, отметив необходимость определить теплємкость Ca, Ba, Sr (см. фотоконию IV);

3) в ходе самого открытия периодического закона он изменил атомные веса у In (удвоил) и у Be (уменьшил в полтора раза).

Тем не менее для подавляющего большинства элементов атомные веса были установлены в общем правильно, что позволило Дм. Ив. расположить эти элементы в последовательные ряды по величине атомных весов и открыть периодический закон.

Таким образом, у Дм. Ив. была твердая уверенность в фундаментальности свойства атомного веса и в истинности атомных весов большинства элементов.

«Вот по этой-то причине, — писал Дм. Ив., — я и старался основать систему на величине атомного веса элементов» [2, 8].

2. Составление рукописных вариантов системы элементов для первой статьи

Работая над своей первой статьей о периодическом законе, Дм. Ив. составил несколько вариантов периодической системы с целью рассмотреть открывающуюся им закономерность с различных сторон и в различных ее проявлениях. Можно думать, что при составлении таких вариантов Дм. Ив. пользовался теми же карточками элементов, которые уже служили ему ранее при открытии периодического закона 17 февраля 1869 г.

Все позднейшие варианты системы элементов возникали у Дм. Ив. путем видоизменения исходной (первой) таблицы элементов, озаглавленной «Опыт системы элементов» (см. фотоконию V). *Общим приемом* составления некоторых из этих вариантов послужил прием *сдваивания* больших периодов, или, иначе, «сдваивания рядов», элементов (см. табл. 35 [доп. 28]).

Одним из вариантов системы явилась неполная таблица элементов, изображенная на фотоконии VI. Эта таблица образовалась следующим образом. В исходной таблице элементов

(см. фотокопию V) Дм. Ив. произвел сдвигание длинных столбцов, т. е. восстановил два промежуточных столбца, наметившихся ранее — в нижней неполной табличке и в полной черновой таблице (см. фотокопии III и IV). С этой целью он перенес обратно:

Ti на место между Si и ?=70;

V на место между P и As;

Zr на место между ?=70 и Sn (см. табл. 36 [доп. 28]).

Дальнейшие переносы в порядке сдвигания рядов показаны в табл. 37 [доп. 28] (перенос снизу в центр системы — групп щелочных и щелочноземельных металлов и сверху в центр — Nb, Ta и W с отсечением от системы H и сомнительных элементов); в табл. 38 [доп. 28] (перенос в центр системы с ее вновь образовавшегося верхнего края семейств будущей 8-й группы); в табл. 39 [доп. 28] (перегруппировка тяжелых элементов последних трех столбцов, или рядов, с расформированием ряда Hg, Au и Bi) и в табл. 40 (вопросительными знаками отмечены пустующие места внутри системы) [доп. 28].

После того как все пустые места внутри таблицы были заполнены вопросительными знаками, сама таблица была переписана так, что столбцы, начинающиеся с Li, K, Rb, Cs и Tl, были поставлены полстрокой выше, чем столбцы, начинающиеся с Na, Cu, Ag и ?.

Следовательно, Дм. Ив. здесь впервые ввел особое графическое обозначение для чередования четных и нечетных столбцов (см. табл. 40 [доп. 28]). В итоге полные аналоги оказывались в одной горизонтальной строчке. Табл. 40 совпадает с той, которая изображена на фотокопии VI.

Мы будем называть этот вариант периодической системы элементов *вторым*, считая *первым* ее вариантом «Опыт системы элементов». Во втором ее варианте W оказался полным аналогом S, Se и Te, а Ta — полным аналогом P, As и Sb, но не V и Nb, как это было раньше.

Следующим (*третьим* по счету) вариантом периодической системы элементов является тот, который изображен на фотокопии VII. По сути дела этот вариант мало чем отличается от предыдущего; только здесь группы расположены не горизонтально (т. е. не строками), как раньше, а вертикально, столбцами.

По сравнению с предыдущим вариантом системы здесь мы видим попытку заполнить образовавшиеся в центре таблицы пустующие места путем «вдвигания» в нее отрезков рядов элементов, оказавшихся на периферии системы. Отдельные фазы такого рода «вдвижения» можно представить так: до «вдвижения» места неполных аналогов в группе O и Cl пусты (т. е. здесь отсутствуют Cr, Mo и Mn; см. табл. 41 [доп. 29]); назван-

12	Li = 7	Be = 9	B = 11	C = 12	N = 14	O = 16	F = 19
13	Na = 23 ¹⁶	Mg = 24 ¹⁵	Al = 27 ¹⁶	Si = 28	P = 31 ¹⁷	S = 32 ¹⁶	Cl = 35 ¹⁸
14	K = 39 ¹⁶	Ca = 40 ¹⁶	? = 45	Ti = 50	V = 51 ²⁰	Cr = 52 ²⁰	Mn = 55 ²⁰
15	Sc = 44 ¹⁶	La = 65 ²⁵	"	"	As = 75 ²⁴	Se = 79 ²⁷	Br = 80 ²⁷
16	Rb = 85 ²²	Sr = 87 ²²	"	Zr = 90	Nb = 94 ¹⁹	Mo = 96 ¹⁷	Po = 104 ²³
17	Y = 100 ²³	Ce = 112 ²⁵	U = 116 ²⁵	La = 118	La = 123 ²⁸	Ta = 125 ²⁹	Ir = 127 ³⁰
18	Ba = 135 ²⁵	Ra = 137 ²⁵	"	"	"	"	? = 154
19	? = 145 ³²	? = 170	? = 175 ³²	? = 180	Te = 182	W = 186 ²²	Pt = 197 ⁸⁻¹⁰
20	U = 205 ³³	Pb = 207	Bi = 210 ³³	La = 210 ³³	(La?)	Podpisanый автором 6 Fe.	226 ⁹
21	71	70	34	34	Ce? La? Pr? Th		
22	96	95			92 94 25 118?		
					Er 96 La		
					56 60 75		

2/3 по
21
всп. м.д.

(X) Но в Nb дел. 97, а не 94.

Фотокопия VII.

Вариант короткой системы элементов вертикального типа с подразделением рядов
на четные и нечетные;
составлен при написании первой статьи о периодическом законе (конец февраля 1869 г.).

Расшифровку см. в таблицах 41, 42, 43 и 44 [доп. 29]

H

16	$L_i = 7$ $\frac{105}{2}$ (12)	$B = 94$ $\frac{2,1}{2}$ (40)	$B = 11$ $\frac{2,7}{2}$ (40)	$C = 12$ $\frac{35}{2}$ (6)	$N = 14$ $\frac{35}{2}$ (6)	$O = 16$ $\frac{35}{2}$ (6)	$F = 18$ $\frac{35}{2}$ (6)
16	$N = 23$ $\frac{272}{2}$ (14)	$M = 24$ $\frac{179}{2}$ (19)	$M = 27$ $\frac{2,1}{2}$ (10)	$L_i = 28$ $\frac{2,3}{2}$ (12)	$P = 31$ $\frac{18}{2}$ (17)	$L = 32$ $\frac{2,0}{2}$ (16)	$C = 35$ $\frac{43}{2}$ (24)
24	$K = 39$ $\frac{9,21}{2}$ (15)	$C = 40$ $\frac{1,36}{2}$ (25)	?	$L_i = 50$ $\frac{2,3}{2}$ (12)	$V = 51$ $\frac{2,3}{2}$ (12)	?	?
22	$C = 63$ $\frac{2,2}{2}$ (12)	$L = 65$ $\frac{2,2}{2}$ (12)	?	$L = 75$ $\frac{2,2}{2}$ (12)	$L = 78$ $\frac{2,2}{2}$ (12)	$L = 80$ $\frac{2,2}{2}$ (12)	$L = 80$ $\frac{2,2}{2}$ (12)
23	$L = 85$ $\frac{2,2}{2}$ (12)	$L = 87$ $\frac{2,2}{2}$ (12)	?	$L = 90$ $\frac{2,2}{2}$ (12)	$L = 94$ $\frac{2,2}{2}$ (12)	?	?
25	$L = 108$ $\frac{2,2}{2}$ (12)	$C = 112$ $\frac{2,2}{2}$ (12)	$L = 116$ $\frac{2,2}{2}$ (12)	$L = 120$ $\frac{2,2}{2}$ (12)	$L = 128$ $\frac{2,2}{2}$ (12)	$L = 128$ $\frac{2,2}{2}$ (12)	$L = 128$ $\frac{2,2}{2}$ (12)
25	$C = 133$ $\frac{2,2}{2}$ (12)	$L = 137$ $\frac{2,2}{2}$ (12)	?	?	?	?	?
25	?	?	?	$L = 182$ $\frac{2,2}{2}$ (12)	$L = 182$ $\frac{2,2}{2}$ (12)	?	?
25	$L = 204$ $\frac{2,2}{2}$ (12)	$L = 207$ $\frac{2,2}{2}$ (12)	$L = 210$ $\frac{2,2}{2}$ (12)	?	?	?	?

Фотокопия VIII.

Вариант короткой системы элементов вертикального типа, озаглавленный «Удельные веса и удельные объемы» (составлен, вероятно, в конце февраля или в марте 1869 г.).

Расшифровку см. в табл. 45 [доп. 30]

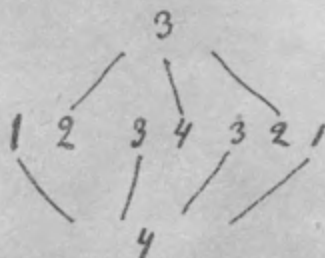
перечислен

Далее

$H = 1$
 $Li = 7 - 6$
 $B = 11 - 5$
 $N = 14 - 4$
 $F = 19 - 4$
 $Na = 23 - 4$
 $Al = 27 - 4$
 $P = 31 - 4$
 $Cl = 35 - 4$
 $K = 39$

$Be = 9 - 7$
 $C = 12 - 3$
 $O = 16 - 4$ *неделю, 2 = 20. ?*
 $Mg = 24 - 8$
 $Si = 28 - 4$
 $S = 32 - 4$
 $Ca = 40 - 8$ *но 2 = 36. - ? ?*
 $Ti = 50$
 $Fe = 56$

С 203



Фотокопия IX.

Таблица элементов с вычислением разности атомных весов у элементов различной атомности и с предсказанием неизвестных элементов будущей нулевой группы (конец февраля 1869 г.).

Расшифровку см. в табл. 45а [доп. 31]

1) $\text{In} = 75,6$ около $\text{Zn} = 65,2$ (In записан под Zn) и 2) $\text{Ce} = 92$ в семейство $\text{Mo} = 96$, $\text{Rh} = \text{Ru} = 104$ и Pl (Ce записан под Mo).

Следует назвать еще одну рукописную табличку элементов, которую Дм. Ив. составил также в порядке подготовки своей первой статьи о периодическом законе (см. фотокопию IX). [доп. 31]. В этой табличке Дм. Ив. разделил все элементы на две категории по их атомности:

на элементы «нечетноатомные» (левый столбец) и «двуатомные», точнее сказать, четноатомные (правый столбец).

По-видимому, такое распределение элементов на две категории явилось следствием «первой пробы» расположить элементы в единый последовательный ряд по величине атомных весов. При этом Дм. Ив. ограничился здесь теми элементами «с наименьшими атомными весами», из которых составились первые три приведенных ниже ряда элементов, начинающиеся с Li , с Na и с K .

В итоге расщепления единого последовательного ряда, в котором элементы располагались по величине атомных весов, образовалось два ряда (или столбца) элементов (см. табл. 45а):

нечетноатомные: $\text{H Li B N F Na Al P Cl K}$

четноатомные: $\text{Be C O Mg Si S Ca Ti Fe}$.

Наконец, укажем еще на одну неполную табличку элементов, которая в данном случае для нас интересна тем, что Дм. Ив. поставил в ней Mg под Na , перенеся его, таким образом, налево вниз (см. фотокопию X) [доп. 32].

Таковы были различные рукописные таблицы элементов, составленные Дм. Ив. в ходе написания статьи о периодическом законе или же вскоре после этого.

3. Разбор вариантов системы элементов в первой статье

Говоря о распределении элементов по величине их атомного веса, Дм. Ив. писал в своей статье так [2, 8]:

«Первая проба, сделанная в этом отношении, была следующая: я отобрал тела с наименьшим атомным весом и расположил их по порядку величины их атомного веса. При этом оказалось, что существует как бы период свойств простых тел, и даже по атомности элементы следуют друг за другом в порядке арифметической последовательности величины их пая:

$\text{Li} = 7$; $\text{Be} = 9,4$; $\text{B} = 11$; $\text{C} = 12$; $\text{N} = 14$; $\text{O} = 16$; $\text{F} = 19$;
 $\text{Na} = 23$; $\text{Mg} = 24$; $\text{Al} = 27,4$; $\text{Si} = 28$, $\text{P} = 31$; $\text{S} = 32$; $\text{Cl} = 35,5$;¹
 $\text{K} = 39$; $\text{Ca} = 40$; — $\text{Ti} = 50$; $\text{V} = 51$; — —

¹ В оригинале опечатка: вместо 35,5 стоит 35,3,— Б. К.

В разряде элементов, имеющих пай более 100, встречаем совершенно аналогический непрерывный ряд:

Ag=108; Cd=112; Ur=116; Sn=118; Sb=122, Te=128; J=127*.

Совершенно очевидно, что приведенные только что четыре ряда элементов представляют собою в точности первые три столбца и шестой столбец элементов в табл. 39 (без нижней части третьего столбца, лежащей ниже группы галоидов), но лишь написанные не как столбцы, а в строчку.

Можно также сказать, что приведенные Дм. Ив. в статье три ряда элементов представляют собой в точности первые три ряда и шестой ряд элементов (не считая H) в таблицах, изображенных на фотокопиях VIII и VII (в последнем случае за вычетом «вдвинутых» в таблицу Cr и Mn).

Во всяком случае под «первой пробой» следует понимать здесь первую попытку расположения элементов в один последовательный ряд по величине их атомного веса [доп. 33].

Исключительно интересно и важно указание Дм. Ив. на то, что он отбирал элементы с наименьшим атомным весом (до величины=51 включительно) и элементы более тяжелые, имеющие атомный вес (пай) более 100.

Это деление элементов на две категории по величине атомного веса («легкие» и «тяжелые» элементы) перекликается с соответствующим (предположительным) делением карточек элементов на 2-ю кучку («легкие» элементы с атомным весом менее 70) и 3-ю кучку («тяжелые» элементы с атомным весом более 70).

Отметив далее, что в приведенных четырех рядах элементов Li, Na, K, Ag так же относятся друг к другу, как C, Si, Ti, Sn или как N, P, V, Sb и т. д., Дм. Ив. пишет:

«Родилось тотчас предположение: не выражаются ли свойства элементов в их атомном весе, нельзя ли на нем основать систему? Далее приведен опыт такой системы» [2, 8—9].

Дм. Ив. прямо указывает, что в основе его системы лежит «сопоставление известных поныне групп простых тел по весу их атома...» [2, 9].

Иначе говоря, в этих словах Дм. Ив. снова раскрывает тот путь, каким он сам шел в поисках периодического закона. Это был путь сопоставления групп несходных элементов, сближения их вплотную по величине атомных весов их членов.

Подчеркивая затем, что «способ распределения элементов по атомному их весу не противоречит естественному сходству, существующему между элементами, а, напротив того, прямо на него указывает» [2, 9], Дм. Ив. в доказательство сопоставляет следующие шесть групп:

	Ca = 40	Sr = 87,6	Ba = 137
Na = 23	K = 39	Rb = 85,4	Cs = 133
F = 19	Cl = 35,5	Br = 80	J = 127
O = 16	S = 32	Se = 79,4	Te = 128
N = 14	P = 31	As = 75	Sb = 146
C = 12	Si = 28	—	Sn = 118

Совершенно очевидно, что здесь приведена центральная часть системы элементов в точности такой, какой она изображена на фотокопии IV; даже порядок расположения элементов в столбцах — по убыванию, а не по возрастанию атомных весов — здесь такой же, как в полной черновой таблице элементов, но не как в «Опыте системы элементов».

Если отвлечься от дробности значений атомных весов у Cl, Sr, Rb и Se, то можно счесть эту табличку из шести групп за центральную часть неполной нижней таблички элементов (см. фотокопию III).

Следовательно, приведением в своей статье рассмотренной таблички из шести групп Дм. Ив. прямо указал на то, какой вид имела его система на более ранних этапах ее создания.

Далее Дм. Ив. переходит к рассмотрению разностей атомных весов элементов, расположенных по периодической системе. Эти разности Дм. Ив. исследовал в порядке подготовки своей статьи, занося их в свою рукописную табличку (см. фотокопию VII); в этой таблице он определил:

разность $K - Na = 16$; $Cl - F = 16$; $S - O = 16$; $Si - C = 16$ и т. д.;

разность $P - N = 17$ и т. д.;

разность $Sr - Ca$ складывается из двух разностей: $Zn - Ca = 25$ и $Sr - Zn = 22$; следовательно, $Sr - Ca = 25 + 22 = 47$; соответственно: $Rb - K = 46$; $Br - Cl = 45$ и т. д.

Именно эти выкладки были перенесены затем в статью Дм. Ив. о периодическом законе. Здесь указывается, что у элементов, атомные веса которых определены точно, не существует настоящей гомологической разности:

«Хотя пары натрия и калия, фтора и хлора, кислорода и серы, углерода и кремния различаются на 16, но пары азота и фосфора отличаются на 17, а что гораздо важнее — разность между кальцием и стронцием, калием и рубидием, хлором и бромом и т. д. неодинакова, и изменение ее, во-первых, представляет некоторую правильность и, во-вторых, гораздо больше той разности, какую можно приписать неточности определений» [2, 9].

Далее Дм. Ив., основываясь на строгой последовательности в изменении атомных весов у элементов, выдвигает предположение, что у Te атомный вес равен не 128, а 126—124. Это предположение было подготовлено, выражено, а затем и реализовано Дм. Ив. сразу же после открытия периодического закона.

Отметим, что во всех таблицах и в новом списке атомных весов элементов, написанных до «Опыта системы элементов», Дм. Ив. неизменно записывал $Te = 128$. Но при переписывании набело созданной им системы элементов Дм. Ив. впервые поставил около $Te = 128$? знак вопроса, подчеркивая этим сомнительность этой величины (см. фотокопию V).

В первых двух рукописных вариантах системы элементов (см. фотокопии VI и VII), составленных уже после отсылки в типографию «Опыта системы элементов», Дм. Ив. изменил атомный вес Te со 128 на 125, т. е. на величину, среднюю между 124 и 126.

Но после этого он снова восстановил прежнее значение $Te = 128$ (см. фотокопию VIII) и при корректурной правке листка с «Опытом системы элементов» оставил без изменения: $Te = 128$?

В связи с той же табличкой из шести групп Дм. Ив. указывает на то, что в его системе соблюдается распределение элементов также и по величине атомности:

«...Группа фтора представляет элементы, соединяющиеся преимущественно с одним атомом водорода, группа кислорода — с двумя, азота — с тремя и углерода — с четырьмя атомами водорода или хлора, так что и в этом отношении естественность распределения групп в определенном порядке не нарушается числами, выражающими их атомный вес, а, напротив того, как бы предугадывается» [2, 9].

Здесь Дм. Ив., по-видимому, подразумевает предпринятое им первоначальное распределение элементов на группы по величине их атомности: H вместе с галоидами — одноатомны; O и его аналоги — двуатомны; N и его аналоги — трехатомны; C и его аналоги — четырехатомны. В такой именно последовательности были изложены элементы в 1-й части «Основ химии»; H, O, N, C, затем аналоги H — галоиды.

Теперь же Дм. Ив. молчаливо признает, что такая последовательность имела свое рациональное основание в том, что последовательность элементов по величине их атомности вполне согласуется с более глубокой закономерностью, выражаемой в распределении элементов по величине их атомного веса. По-видимому, к такому заключению Дм. Ив. пришел в самом начале создания системы элементов, при составлении верхней и нижней неполных табличек, что уже отмечалось выше.

Вслед за тем Дм. Ив. возвращается к приведенным в его статье четырем рядам элементов, которые начинаются с Li, с Na, с K и с Ag. В этих рядах зависимость изменения атомности от изменения атомного веса выступает более полно, чем в табличке из шести групп, где атомность возрастала от 1 (у группы F) до 2 (у группы O), далее до 3 (у группы N) и до 4 (у группы C).

В указанных же рядах она последовательно возрастает от 1 (у группы L1) до 4 (у группы C), а затем столь же последовательно падает снова до 1 (у группы F) Это как раз та самая закономерность, которую Дм Ив вскрыл при составлении таблички, изображенной на фотокопии IX

Имея в виду сопоставление четырех указанных рядов, Дм. Ив пишет

«В первом же сопоставлении мы имеем 7 столбцов (может быть наиболее естественных), из которых L1 и F одноатомны и представляют наибольшее удаление по электрохимическому порядку, Be и O, следующие за ними, двуатомны, за ними следуют B и N — трехатомные, а в середине помещается четырехатомный C. Глядя на удаление Na и Cl, Ag и J и т. п., видим, что числовое сличение элементов отвечает до некоторой степени и атомности и понятиям о родстве» [2, 9—10]

Приведенное рассуждение представляет собой не что иное, как словесное изложение содержания схемы, расположенной в нижней части фотокопии IX

На основе всего сказанного Дм Ив делает заключение, что *«величина атомного веса определяет природу элемента»* [2, 10] Это заключение Дм Ив называет далее началом или законом

«Привожу засим, — пишет Дм Ив, — одну из многих систем элементов, основанных на их атомном весе. Они служат только опытом, попыткой для выражения того результата, какого можно достичь в этом отношении. Сам вижу, что эта попытка неокончательна¹, но в ней, мне кажется, уже ясно выражается применимость выставляемого мною начала ко всей совокупности элементов, пай которых известен с достоверностью. На этот раз я и желал преимущественно найти общую систему элементов. Вот этот опыт.» [2, 10—11]

Дальше следует таблица «Опыт системы элементов» (ср с фотокопией V), но без гипотетических элементов $?=8$ и $?=22$ в ряду H—Cu

В приведенном высказывании Дм Ив важно отметить следующее

1) к моменту написания статьи Дм Ив составил уже много различных вариантов системы элементов, основанной на их атомном весе. Кроме трех уже рассмотренных вариантов, он составил еще по крайней мере четыре, как это мы сейчас увидим, следовательно, всего семь вариантов, одним из которых он считал и свой «Опыт системы элементов»,

2) все эти варианты Дм Ив считал пока еще только опытами, попытками выразить открытую им закономерность,

¹ К этому месту сделано примечание, которое мы разберем ниже —
Б К

3) свой «Опыт системы элементов» Дм. Ив. считал неокончательной попыткой, и это следует хотя бы из того, что ряд элементов (Er, Yt, In, Ce, La, Di, Th) остался по сути дела за пределами системы и лишь внешним образом был как бы «пристегнут» к ней. Не случайно из всех таблиц, составленных в порядке подготовки данной статьи (см. фотокопии VI, VII и VIII), Дм. Ив. неизменно удалял указанные семь элементов (а иногда и H);

4) «выставленное начало» Дм. Ив. стремился приложить ко всей совокупности элементов, пай (т. е. атомный вес) которых был известен с достоверностью; это значит, что он стремился приложить периодический закон прежде всего к тем 56 элементам, которые составили основу периодической системы, т. е. за вычетом перечисленных выше семи элементов с сомнительными атомными весами. Здесь находит отклик выделение (в ходе открытия периодического закона) «сомнительных» элементов в 4-ю (последнюю) кучку;

5) наконец, цель Дм. Ив. состояла в том, чтобы найти общую систему элементов, т. е. такую, в которую войдут не 55 или 56, а все 63 известных элемента, причем все они станут на свои естественные места.

Примечание, которое Дм. Ив. сделал к фразе «сам вижу, что эта попытка неокончательна», имеет принципиальное значение. В нем Дм. Ив. приводит различные варианты своей системы элементов.

Четвертый по счету ее вариант получался из «Опыта системы элементов» путем «отсечения» H и семи «сомнительных» элементов и переноса оставшихся двух нижних строк элементов (щелочных и щелочноземельных металлов) на самый верх таблицы (см. табл. 46 [доп. 34]).

Такой вариант системы элементов можно назвать «длинной» таблицей с растянутыми малыми периодами.

Имея в виду такое распределение элементов, Дм. Ив. пишет [2, 10]: «Может быть, прилагаемую таблицу (речь идет об «Опыте системы элементов». — Б. К.) было бы рациональнее расположить так:

вверху	Li	Na	K	Rb	Cs	Tl
	—	—	{Ca}	Ba	Sr	Pb
потом	—	—	Cr	Mo	—	—
	—	—	V	Nb	Ta	и т. д.
а внизу	O	S	Se	Te	—	—
	F	Cl	Br	J	—	— ».

Совершенно очевидно, что здесь Дм. Ив. изобразил верх, середину и низ (отовсюду по две строчки) табл. 46 [доп. 34].

Характеризуя только что приведенную таблицу (см. табл. 46), Дм. Ив. пишет:

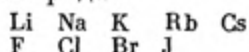
«Тогда получилась бы та выгода, что такие элементы, резко различные, как Cl и Na , составляли бы крайние ряды, между которыми располагались бы элементы с менее резким химическим характером. Но при этом середина таблицы была бы почти пустою (см. пустые места между Li и Be , Na и Mg в табл. 46. — *Б. К.*) и весьма сомнительною, тогда как теперь в ней распределение несомненно и есть много представителей, а все менее известные элементы (*corps à serier*) стоят по краям, вверху и внизу» [2, 10].

В этих словах отражен тот факт, что исторически создание периодической системы элементов у Дм. Ив. шло так, что сначала в центральной части таблицы он размещал наиболее изученные («ясные», или «бесспорные») элементы, а на ее краях ставил менее изученные элементы, вплоть до «сомнительных», оказавшихся фактически за пределами таблицы.

Поскольку таков был самый путь открытия периодического закона и создания периодической системы элементов, Дм. Ив. сразу же после сделанного им открытия не мог отказаться от той формы таблицы, в какую впервые воплотился открытый им периодический закон.

Только позднее Дм. Ив. постепенно перешел к своей «Естественной системе элементов», в которой щелочные металлы и галоиды расположены не рядом, а по краям системы, т. е. наиболее удалены друг от друга.

Но сейчас Дм. Ив. ищет доводы, которые говорили бы в пользу его «Опыта системы элементов» и против таблицы 46. Он указывает: «...в крайних рядах



не существует надлежащего соответствия разностей:

$$\begin{array}{ccccccc} \text{Li} = 7 & \left. \begin{array}{l} \\ \\ \end{array} \right\} 12 & \text{Na} = 23 & \left. \begin{array}{l} \\ \\ \end{array} \right\} 12,5 & \text{K} = 39 & \left. \begin{array}{l} \\ \\ \end{array} \right\} 41 & \text{Rb} = 85 \\ \text{F} = 19 & \left. \begin{array}{l} \\ \\ \end{array} \right\} & \text{Cl} = 35,5 & \left. \begin{array}{l} \\ \\ \end{array} \right\} & \text{Br} = 80 & \left. \begin{array}{l} \\ \\ \end{array} \right\} & \text{J} = 127 \end{array} \left. \begin{array}{l} \\ \\ \end{array} \right\} 42,$$

а потому приходится в разных рядах иметь различное изменение разностей, чего нет в главных числах предлагаемой таблицы (т. е. в «Опыте системы элементов». — *Б. К.*). Или же придется предполагать при составлении системы очень много недостающих членов» [2, 10—11].

Приведенные выше выкладки разностей атомных весов Дм. Ив. сделал частично на полях одного из вариантов своей таблицы элементов (см. фотокопию VII, слева). Здесь он вычислил: $\text{F} - \text{Li} = 12$; $\text{Cl} - \text{Na} = 13$; $\text{Mn} - \text{K} = 16$; $\text{Br} - \text{Cu} = 17$; $\text{J} - \text{Ag} = 19$.

О пятом варианте системы элементов нет никаких указаний, кроме краткого замечания Дм. Ив.:

«Мне кажется притом наиболее естественным составить кубическую систему (предлагаемая есть плоскостная), но и по-

пытки для ее образования не повели к надлежащим результатам» [2, 11].

Далее Дм. Ив. излагает *шестой* и *седьмой* (по счету) варианты своей системы. Он пишет [2, 11]:

«Следующие две попытки могут показать то разнообразие сопоставлений, какое возможно при допущении основного начала, высказанного в этой статье.

Li	Na	K	Cu	Rb	Ag	Cs	—	Tl
7	23	39	63,4	85,4	103	133	—	204
Be	Mg	Ca	Zn	Sr	Cd	Ba	—	Pb
B	Al	—	—	—	Ur	—	—	Bi?
C	Si	Ti	—	Zr	Sn	—	—	—
N	P	V	As	Nb	Sb	—	Ta	—
O	S	—	Se	—	Te	—	W	—
F	Cl	—	Br	—	J	—	—	—
19	35,5	58	80	106 ¹	127	160	190	220 ² .

Легко заметить, что эта табличка представляет собою табл. 40, но без нижней ее части, лежащей ниже группы галоидов, и без сдвигания чередующихся столбцов. Следовательно, здесь пока имеется второй вариант системы элементов.

Но, по мысли Дм. Ив., этот вариант видоизменяется здесь так, что из него получается новый вариант, а именно спиральная форма периодической системы элементов. Дм. Ив. пишет:

«При этом ряд Cr, Mn, Fe, Ni, Co должен составить переход (пай от 52 до 59) от нижней части 3-го столбца (где K, Ca, V) к верхней части 4-го столбца (т. е. к Cu), так же как Mo, Rh, Ru, Pd составят переход от 5-го столбца к 6-му (к Ag), а Au, Pt², Os, Ir, Hg? от 8-го к 9-му. Система получится спиральная» [2, 11].

Легко заметить, что элементами, замыкающими в спираль каждые два смежных столбца в этой таблице, являются элементы, расположенные в табл. 40 ниже группы галоидов. Даже порядок их тот же, как в табл. 40, например: Au, Pt, Os, Ir, Hg.

Образование непрерывного перехода от нижнего конца у каждого длинного столбца к верхнему концу следующего за ним более короткого столбца, т. е. замыкание каждой смежной пары столбцов — длинного и короткого — в один виток спирали, как раз и придает всей системе спиральный вид.

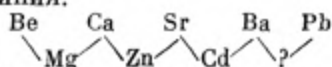
Еще одно обстоятельство указывает на то, что основу приведенной выше в статье Дм. Ив. таблички элементов составляет табл. 40.

¹ В 5-м столбце в оригинале опечатка: вместо 106 там стоит 190. — Б. К.

² В оригинале опечатка: вместо Pt стоит Pb — Б. К.

«В этой системе, — пишет Дм. Ив., — сходство преимущественно заметно в числах рядов через один, напр. во 2-й строке Be, Ca, Sr, Ba, Pb, так же как Mg, Zn, Cd» [2, 11].

На фотокопии VI это сходство выражено расщеплением второй строки на две части, с их раздвиганием так, что вместо прямой линии: Be—Mg—Ca—Zn—Sr—Cd—Ba—?—Pb, получается зигзагообразная линия:



Наконец, Дм. Ив. указывает: «Разность паев здесь почти одинакова для каждого вертикального и горизонтального ряда».

На фотокопии VII, кроме приведенных уже выше выкладок, содержатся расчеты, которые отразились и в разбираемом варианте системы элементов.

Эти расчеты касаются предположительных значений атомного веса для трех неизвестных элементов, которые должны были бы занять места в группе галоидов, в конце трех последних рядов системы: 1) Cs—Ba, 2) Ta—W и 3) Tl—Pb—Bi?

В таблице, изображенной на фотокопии VII, Дм. Ив. вычисляет эти величины; для последнего члена в ряду Cs—Ba он находит сначала 153, а потом увеличивает это число до 157; в ряду Ta—W он находит значение 187, а в ряду Tl—Pb—Bi? — сначала 222, а потом 226.

В статье он округляет эти значения и соответственно получает величины: 160, 190 и 220. Эти величины таковы, что разность между ними одинаково равна 30, т. е. примерно такая же, как разность между ?=160 и J=127, где она равна 33.

Последний, *седьмой* вариант системы образуется путем обратного построения ранее сдвоенных рядов. С этой целью в табл. 40, соответствующей фотокопии VI, каждый приподнятый на полстрочки столбец элементов переносится вверх направо и ставится над соседним с ним столбцом, опущенным на те же полстрочки (см. табл. 47 [доп. 35]).

Говоря о предыдущем (шестом) варианте своей системы, изображенном на фотокопии VI, Дм. Ив. пишет [2, 11—12]:

«Если в этой системе разделить члены наиболее сходственные, то получится система такого рода. Вверху будут:

Li	K	Rb	Cs
Be	Ca	Sr	Ba

В середине будут:

O	—	—	—
F	—	—	—
Na	Cu	Ag	—
Mg	Zn	Cd	—

а внизу будут:

S	Se	Te	{W}
Cl	Br	J	—

Легко заметить, что это есть описание табл. 47, однако с тем лишь отличием, что 1) не приведен последний (неполный) столбец Tl, Pb, Bi и что 2) из строки S, Se, Te выпал случайно W (его место в статье осталось совсем пустым — на нем нет ни символа элемента, ни черточки).

Дм. Ив. заключает свое примечание так:

«Подобных распределений возможно большое число. Они не изменяют существа системы. Все, что выражается в этих системах, проглядывает и в той, которую я выставляю как опыт подобных систем» [2, 12].

В дальнейшем мы увидим, что Дм. Ив. выдвинул в своей статье еще и другие варианты своей системы.

Переходя к анализу «Опыта системы элементов» и называя его предыдущей таблицей, Дм. Ив. вновь отмечает, что он расположил элементы в единый ряд и обнаружил в этом ряду скачки или перерывы. Он пишет:

«Убедясь предыдущую таблицей в том, что атомный вес элементов может служить опорой их системы, я первоначально расположил элементы в непрерывном порядке по величине атомного веса и тотчас заметил, что существуют некоторые перерывы в ряду таким образом поставленных элементов» [2, 11—12].

Из этих слов ясно видно следующее:

1) *сначала* Дм. Ив. составил свой «Опыт системы элементов» (путем сопоставления групп элементов, как это отмечалось выше) и на этом опыте *убедился*, что атомный вес может явиться основой системы элементов;

2) *после этого* Дм. Ив. приступил к дальнейшему исследованию открытой им закономерности, и это свое *дальнейшее* исследование начал с того, что расположил все элементы в непрерывный ряд по возрастанию их атомных весов.

Это полностью согласуется с тем, что Дм. Ив. говорил выше в отношении своей «первой пробы» по части расположения легких элементов по порядку величины их атомного веса.

Следовательно, оба эти высказывания Дм. Ив. не дают никаких оснований утверждать, как это делают некоторые химики, будто само открытие периодического закона протекало так: *сначала* Дм. Ив. составил общий ряд элементов по величине их атомного веса, и только *после* этого он заметил периодичность в изменении свойств; затем он разделил общий ряд на периоды и составил из этих отрезков свой «Опыт системы элементов».

Такое заключение, повторяем еще раз, неправильно: оно противоречит всем указаниям самого Дм. Ив. и всем его рукописным документам, которые были разобраны выше.

Далее Дм. Ив. указывает, что в каждом отрезке общего ряда имеется по крайней мере восемь элементов:

1) от $H=1$ до $Na=23$;

2) с атомными весами от 23 до 56 (т. е. в третьем столбце от $Mg=24$ до $Eg=56$);

3) от 63 до 90 (т. е. в 4-м столбце от $Cu=63$ до $Sr=87,6$ или до $Se=92$);

4) от 100 до 140 (т. е. в 5-м столбце, вероятно, от $Ag=108$ до $Ba=137$);

5) от 180 до 210 (т. е. в 6-м от $?=180$ до $Bi=210$ или до $Pb=207$).

«...И вот в этих-то отдельных группах элементов, — заключает Дм. Ив., — и отыскивается аналогия и притом простым их сопоставлением по величине атомного веса» [2, 12].

Но тут же Дм. Ив. оговаривается, что во многих случаях возникает еще сомнение относительно места элементов, недостаточно исследованных и притом близких к краям системы (напомним, что наименее изученные, или «сомнительные», элементы Дм. Ив. располагал по краям системы).

В связи с этим Дм. Ив. возвращается к представлению о двух промежуточных столбцах, которые он вводил на предыдущих стадиях открытия периодического закона (см. фотокопии III и IV). Он указывает, основываясь на исследованиях Роско (имя Роско Дм. Ив. написал около $V=51$ в новом списке уточненных атомных весов; см. фотокопию IIIa, табл. 21), что ванадию «должно быть дано место в ряду азота, его атомный вес (51) заставляет его поместить между фосфором и мышьяком».

Далее Дм. Ив. пишет:

«Физические свойства оказываются ведущими к тому же самому определению положения ванадия... Поставив ванадий между фосфором и мышьяком, мы должны бы были открыть таким образом в нашей предыдущей таблице особый столбец, ванадию соответствующий. В этом столбце, в ряду углерода, открывается место для титана. Титан относится к кремнию и олову по этой системе совершенно точно так, как ванадий к фосфору и сурьме» [2, 12].

До сих пор Дм. Ив. характеризует первый промежуточный столбец, каким он был в нижней неполной табличке и в полной черновой таблице элементов (см. фотокопии III и IV). Таким же он был и в таблице, изображенной на фотокопии VI.

Но дальше идет нечто новое, а именно помещение в этом же столбце $Sr=52$ и $Mn=55$. В полной черновой таблице Sr был помещен в этом промежуточном столбце, но не после Ti и V , а перед ними (в ряду $B-Al$, а не в ряду $O-S$). Что же касается Mn , то он сразу же был помещен около Fe и в промежуточный столбец вообще не попал.

Только после того, как в дальнейшем Sr и Mn были «вдвинуты» в середину таблицы (см. фотокопию VII), в данном месте системы элементов сложилась та картина, которую Дм. Ив. обрисовал так:

«Под ними (т. е. под Ti и V. — Б. К.), в следующем ряду, к которому принадлежит кислород и сера, может быть нужно поместить хром; тогда хром будет относиться к сере и теллуру совершенно так, как титан относится к углероду и олову. Тогда марганец Mn = 55 должно было бы поместить между хлором и бромом. Составилась бы при этом следующая часть таблицы:

Si = 28	Ti = 50	? = 70
P = 34	V = 51	As = 75
S = 32	Cr = 52	Se = 79
Cl = 35,5	Mn = 55	Br = 80.

Но очевидно, что этим разорвалась бы естественность связи членов одного горизонтального ряда, хотя и в марганце есть некоторое сходство с хлором, как в хrome с серою» [2, 12].

Ход рассуждения Дм. Ив. здесь таков: то, что Ti есть аналог Si, а V — аналог P, не вызывает возражения. (В предшествующих планах «Основ химии» Ti ставился неизменно рядом с Si, а V — рядом с P; см. фотокопию I и табл. 7 [доп. 6].)

Но было бы непоследовательно и нелогично оставлять пустыми два места под Ti и V, как это сделано в табл. 40 (см. фотокопии VI и VIII). На эти два места следовало бы в таком случае «вдвинуть» Cr и Mn, как это сделано в табл. 42 [доп. 29] (см. фотокопию VII). Но если аналогия между Si и Ti, а также между P и V не вызывает сомнения, то аналогия между Cl и Mn, а также между S и Cr менее очевидна, хотя некоторые ее признаки все же имеются.

Следовательно, помещение Ti между Si и ? = 70, а V — между P и As влечет за собой помещение Cr между S и Se, а Mn — между Cl и Br, что не только кажется Дм. Ив. менее оправданным, но представляется ему разрывом естественной связи между членами одной и той же естественной группы.

Значит, по Дм. Ив., надо выбирать:

1) либо открыть промежуточный столбец для Ti и V и тогда разорвать естественные связи между S и Se, а также между Cl и Br посредством помещения сюда Cr и Mn;

2) либо сохранить указанную естественную связь и тогда не открывать особого столбца для Ti и V.

Исходя из тех же соображений, Дм. Ив. показывает, что логическим следствием открытия первого промежуточного столбца явилось бы открытие и второго такого же столбца для Zr, как это было сделано в полной черновой таблице (см. фотокопию IV). Он пишет:

«Сверх того явилась бы потребность открыть еще столбец между мышьяком и сурьмой, поставив в этой группе тел ниобий, Nb = 94, представляющий аналогию с ванадием и с сурьмой. В группе магния, цинка и кадмия, в этом столбце надо бы, ка-

жется, поместить индий ($In=75,6?$), если только он принадлежит к этому ряду (он труднее летуч, чем Zn и Cd). Тогда в ряду углерода и олова, около последнего, должно поместить циркон, которого атомный вес меньше веса олова, но больше веса титана. Таким образом в этом горизонтальном ряду осталось бы свободное место для элемента, стоящего между титаном и цирконом» [2, 13].

В случае образования второго промежуточного столбца в системе элементов соответствующая ее часть приняла бы следующий вид:

Mg=24		Zn=65,2	In =75,6?	Cd=112
Al =27,4		? =68		Ur=116
Si =28	Ti =50	? =70	Zr =90	Sn=118
P =31	V =51	As =75	Nb =94	Sb=122
S =32	Cr =52	Se =79	{Mo =96}	Te=128?
Cl =35,5	Mn=55	Br =80		J =127.

Верхние два члена второго промежуточного столбца (In и Zr) заняли здесь те же места, какие они временно занимали в полной черновой таблице (см. фотокопию IV).

В табл. 45 (см. фотокопию VIII и [доп. 30]) Дм. Ив. сделал попытку включить $In=75,6$ также между Zn и Cd (около Zn).

В табл. 40 и 43 на такие же места, как и в только что приведенной части системы элементов, были включены Zr и Nb , но не Mo , о котором Дм. Ив. не упомянул в своей статье. Но включение Mo между Se и Te является столь же логичным следствием образования для Zr и Nb особого промежуточного столбца, каким было включение Cr между S и Se после образования столбца для Ti и V .

Так Дм. Ив. и поступил в таблице, изображенной на фотокопии VII, где велел за Cr и Mn в таблицу «вдвинут» и Mo .

Что же касается указания на свободное место между Ti и Zr для неизвестного элемента x или $?=70$, то выкладка в целях определения его предположительного атомного веса сделана на полях полной черновой таблицы (см. фотокопию IV), где фигурирует весь данный столбец (или ряд): C, Si, Ti, x, Zr, Sn .

Таким образом, и здесь Дм. Ив. в своей статье обобщил и отразил ход своей предшествующей работы над созданием системы элементов.

Далее Дм. Ив. объясняет, почему в конце концов он отказался от введения обоих промежуточных столбцов (т. е. от укороченной формы периодической системы со сдвоенными большими периодами) и остановился на «Опыте системы элементов». Он пишет:

«Впрочем все-таки я не решился установить два вышеупомянутые столбца по той причине, что помимо того останутся аналоги, несомненно принадлежащие к разным рядам. Доста-

точно указать на то, что Mg, Zn и Cd представляют много аналогий с Ca, Sr и Ba, а между тем перемешать эти тела в одну группу — $Mg = 24$, $Ca = 40$, $Zn = 65$, $Sr = 87,6$, $Cd = 112$, $Ba = 137$ — значит нарушить естественное сходство элементов, как мне кажется» [2, 13].

Следовательно, помещение Ca между Mg и Zn, а Zn — между Ca и Sr и т. д. казалось Дм. Ив. таким же разрывом естественной связи членов одной естественной группы, как и помещение Sr между S и Se.

Только позднее — при переходе от «Опыта системы элементов» к «Естественной системе элементов» — Дм. Ив. обнаружил следующее: то, что ему вначале казалось разрывом естественной связи между членами одной группы, в действительности оказалось закономерным выражением этой именно естественной связи.

Итак, если выделить Li и H, обладающие малым атомным весом, в качестве первого столбца, то всего получится 6 столбцов (как это имеет место в «Опыте системы элементов») или 8 столбцов, если для Ti и Zr отделить особые столбцы (как это первоначально было в полной черновой таблице элементов).

«Только один ряд лития и натрия, — добавляет Дм. Ив., — имеет представителей во всех столбцах: другие ряды только в некоторых, так что образуется свободное место для элементов, которые может быть будут со временем открыты» [2, 13].

К этому месту Дм. Ив. сделал примечание:

«Литий можно бы поместить выше бериллия, а магний ниже натрия».

Следовательно, в этом месте «Опыт системы элементов» был бы изменен так:

H	Li			
	Be	[Mg]		
	B	Al		
	C	Si	и т. д.	
	N	P		
	O	S		
<hr/>				
	F	Cl	Br	
[Li]	Na	K	Rb	Cs
	Mg	Ca	Sr	Ba.

Получился бы восьмой вариант системы элементов, три от черкнутые нижние строки которого совпали бы с соответствующей частью таблички, изображенной на фотокопии X.

Возвращаясь к «Опыту системы элементов» в его неизменном виде, Дм. Ив. отмечает отсутствие в некоторых рядах таблицы соответственных членов, в частности в ряду Ca, где отсутствуют члены, аналогичные с Na и Li. Далее Дм. Ив. замечает:

«...Магний отчасти заменяет аналог натрия, но магний нельзя вставить в ряд кальция, стронция и бария, как то доказывалось не только свойствами некоторых соединений этих элементов, но также и теми физическими свойствами, какие принадлежат как самим металлам, так отчасти и их соединениям» [2, 14].

Следовательно, вышеприведенное размещение Mg под Na Дм. Ив. в конце концов отверг, как противоречащее естественным связям между элементами.

Сопоставляя «легкие» элементы с «тяжелыми», Дм. Ив. указывает на два существенных различия между ними:

1) «...все элементы, значительно распространенные в природе, имеют вес пая от 1 до 60, а именно: H, C, N, O, Na, Al, Fe, Ca, K, Cl, S, P, Si, Mg; высший атомный вес принадлежит элементам, редко встречающимся в природе, не образующим больших масс и сравнительно менее изученным» [2, 13]. С наиболее высоким атомным весом Дм. Ив., значит, связывает малую распространенность элементов в природе и их малую изученность.

Здесь, как и раньше, Дм. Ив. подразделяет элементы на «легкие» и «тяжелые», что, возможно, связано с разделением карточек не размещенных еще в свое время элементов на две кучки: 2-ю («легких» элементов) и 3-ю («тяжелых» элементов), на что уже указывалось выше.

Величина атомного веса, указанная в статье в качестве верхнего предела для легких элементов ($A=60$), близка к той, которую мы предположительно установили как верхний предел для включения карточек во 2-ю кучку ($A=70$). Перечисленные 14 наиболее распространенных элементов — это как раз те, которые отмечены в вып. 1 «Основ химии» (в списке элементов). Таково первое различие между элементами обеих категорий.

2) В низших членах рядов, т. е. у самых легких элементов в каждой группе, по сравнению с высшими, т. е. с более тяжелыми элементами в каждой группе, заметна большая резкость и ясность свойств и реакций. Особенности элементов, резко проявляющиеся в первых столбцах, сглаживаются в последнем столбце, образованном самыми тяжелыми элементами:

«Свинец, таллий, висмут, золото, ртуть, платина, иридий, осмий и вольфрам не только суть мало энергические элементы, но в то же время все суть элементы тяжелые, из которых можно даже во многих отношениях составить одну группу, не нарушая притом первых требований аналогии» [2, 14].

Заметим, что здесь порядок перечисления элементов последнего столбца отличается от «Опыта системы элементов» и совпадает с полной черновой таблицей элементов до момента, когда

Дм. Ив. обвел кружком семейство Pt и поставил Ta под W (см. табл. 27); следуя сверху вниз, получим:

Pb, Tl, Bi, Au, Hg, Pt, Ir, Os, W.

Нужно добавить, что в плане 2-й части «Основ химии», составленном в начале 1869 г., Дм Ив. объединил в одном месте (в середине плана) Hg, Pb и Tl, в другом месте (в самом конце плана) — Pt, Ir, Os и Au и отдельно от тех и других поставил Bi (в группе As) и W (вместе с Mo). Хотя здесь объединение самых тяжелых элементов и не было доведено еще до конца (т. е. до составления из них единой группы), тем не менее шаг к этому был уже сделан.

Таково второе различие между элементами обеих категорий. Затем у Дм. Ив. следует общий вывод:

«Говоря вообще, элементы с малым атомным весом заслуживают, судя по предыдущему, наибольшего научного интереса, чем элементы, атомный вес которых велик» [2, 15].

Лишь позднее, после изменения атомного веса Uг со 120 на 240 и особенно после открытия радия, Дм. Ив. стал проявлять интерес также и к самым тяжелым элементам (1, 733).

Исключительно важное указание Дм. Ив. сделал относительно той части элементов, карточки которых вошли в последнюю, четвертую, кучку «сомнительных» элементов. Он писал, что рождается, конечно, сомнение о положении некоторых элементов. «Это относится именно до тех из элементов, которые мало изучены и которых вес атома едва ли верно установлен Таковы напр.: иттрий, торий и индий» [2, 13].

Если из нижней части «Опыта системы элементов», лежащей ниже группы галлоидов, удалить Yt, Th и In, а также Er и ?=45, примыкающие к Yt, то таблица в этой ее части принимает следующий вид:

Li	Na	K	Rb	Cs	Tl
		Ca	Sr	Ba	Pb
		[?]	Ce		
		[Er]	La		
		[Yt]	Di		
		[In]	[Th]		

Особо и очень подробно Дм. Ив. разобрал вопрос о месте в системе и о взаимосвязях четырех семейств (Fe, Ce, Pl и Pt). Имея в виду «Опыт системы элементов», Дм Ив. писал:

«...верхние члены четвертого столбца (Mn, Fe, Co, Ni, Zn) представляют переход к нижним членам того столбца, в котором находятся Ca, K, Cl и т. п., так кобальт и никель, хром, марганец и железо представляют по свойствам и по атомному весу переход от меди и цинка к кальцию и калию. Может быть их положение должно быть вследствие того изменено, и они,

вместо расположения в верхних рядах, поместятся вниз; тогда здесь получилось бы три столбца элементов, представляющих сходство во многих отношениях, а именно столбец, заключающий кобальт, никель, хром, марганец и железо; другой столбец — церий, лантан и дикий, палладий, родий, рутений; наконец третий столбец, заключающий платину, иридий и осмий» [2, 13].

Распределение элементов, следовательно, здесь, по предположению Дм. Ив., было примерно таким же, каким оно было в первый момент после подключения частичной таблички элементов трех семейств (Fe, Pt и Pt) и семейства Ce к основной таблице элементов (см. фотокопию IV; табл. 27 [доп. 23]).

Это можно представить так, что указанные три семейства (Fe, Pt и Pt) подключены к нижней части таблицы элементов (после удаления из нее Th, In, Yt, Er и ?=45) в том же порядке, в каком они были подключены в свое время к полной черновой таблице элементов. Тогда эта часть таблицы выглядела бы так:

Li	Na	K	Rb	Cs	Tl
		Ca	Sr	Ba	Pb
			Ce		
		Mn	La		
			Di		
		Fe	Rh	Pt	
		Ni	Ru	Ir	
		Co	Pl	Os	
		Cr			

Такое же присоединение Ce=92 к семейству Pt было произведено Дм. Ив. в таблице, изображенной на фотокопии VIII, при одновременном переносе In=75,6 в группу Zn—Cd.

В итоге получается еще один (девятый по счету) вариант системы элементов.

Отмечая еще раз, что «предлагаемую систему элементов, конечно, нельзя считать совершенно законченной», Дм. Ив. обращает внимание на множество вопросов, которые рождаются «при сопоставлениях в одно целое всех элементов». Самым интересным из них Дм. Ив. кажется вопрос о распределении элементов, сходственных с Fe, Ce, Pt и Pt, поскольку здесь элементы, близкие по природе, представляют и близкие атомные веса, что не наблюдается в других рядах, где сходственные элементы представляют различные атомные веса.

«Может быть, — пишет Дм. Ив., — система распределения элементов по группам, вследствие ближайшего изучения этих групп, изменится таким образом, что в определенных местах системы, сходство будет наблюдаться между членами горизонтальных рядов, а в других частях системы между членами вертикальных столбцов» [2, 14].

1) Сходство между атомными весами элементов, имеющих одинаковое количество атомов, но разное количество атомов в молекуле, например, $2H_2$ и H_2 , $2H_2O$ и H_2O , $2CO_2$ и CO_2 .

Свойства соединений зависят от состава молекулы, а не от количества атомов в молекуле.

1) Прямая зависимость между атомным весом элемента и количеством атомов в молекуле, например, $2H_2$ и H_2 , $2H_2O$ и H_2O , $2CO_2$ и CO_2 . Свойства соединений зависят от состава молекулы, а не от количества атомов в молекуле.

2) Прямая зависимость между атомным весом элемента и количеством атомов в молекуле, например, $2H_2$ и H_2 , $2H_2O$ и H_2O , $2CO_2$ и CO_2 .

3) Прямая зависимость между атомным весом элемента и количеством атомов в молекуле, например, $2H_2$ и H_2 , $2H_2O$ и H_2O , $2CO_2$ и CO_2 .

4) Прямая зависимость между атомным весом элемента и количеством атомов в молекуле, например, $2H_2$ и H_2 , $2H_2O$ и H_2O , $2CO_2$ и CO_2 .

5) Прямая зависимость между атомным весом элемента и количеством атомов в молекуле, например, $2H_2$ и H_2 , $2H_2O$ и H_2O , $2CO_2$ и CO_2 .

6) Прямая зависимость между атомным весом элемента и количеством атомов в молекуле, например, $2H_2$ и H_2 , $2H_2O$ и H_2O , $2CO_2$ и CO_2 .

7) Прямая зависимость между атомным весом элемента и количеством атомов в молекуле, например, $2H_2$ и H_2 , $2H_2O$ и H_2O , $2CO_2$ и CO_2 .

Фотокопия Ха.

Черновой набросок выводов из статьи «Соотношение свойств с атомным весом элементов» (конец февраля 1869 г.)
Расширенному см. с [доп. 38]

Как видим, здесь Дм. Ив. намечает еще один новый вариант (десятый по счету) своей системы.

Таким образом, вопрос о распределении элементов четырех семейств в таблице (Fe, Se, Pt и Pt), вызвавший при создании системы элементов наибольшие трудности (см. нижнюю неполную табличку и полную черновую таблицу элементов), остался в центре внимания Дм. Ив. и при написании итоговой статьи об открытии периодического закона.

Резюмируя все сказанное по этому поводу, Дм. Ив. указывает, почему он отказался от мысли соединить все четыре семейства в три столбца в низу таблицы. Причина была та, что элементы более или менее кислотного характера из семейств Fe, Pt и Pt нельзя было ставить ниже группы галоидов, где сосредоточены элементы по преимуществу основного характера.

«Таллий и висмут в этом отношении стоят, однако, между собою дальше, чем свинец к таллию или висмут к золоту, ртути и платине. Притом элементы, стоящие ниже галоидного ряда, представляют скорее основные свойства своих окислов, чем кислотные, суть лучшие представители металлов; тогда как элементы, стоящие выше ряда галоидов, обладают или вполне кислотным характером, или представляют свойства переходные между кислотными и основными. По этой-то последней причине я и не решился поставить железную группу вместе с группой церия в нижней части таблицы» [2, 14—15].

Осталось еще несколько вопросов, к которым Дм. Ив. обращается в конце своей статьи.

Первым из них был вопрос о водороде. Дм. Ив. пишет:

«Водород не нашел, по своему малому атомному весу, определенного положения; мне кажется наиболее естественным поставить его в ряду меди, серебра и ртути, хотя может быть он помещается в каком-то неизвестном ряду, ниже ряда меди» [2, 15].

Здесь отразилась попытка Дм. Ив. поместить Н в ряду В—Al (см. фотокопию V), от которой Дм. Ив. тут же отказался. Та же трудность выражена Дм. Ив. в таблице, изображенной на фотокопии VI, где Н отсутствует вовсе.

Далее Дм. Ив. ищет элементы, составляющие переход от Н к В и С. Здесь отразилась упомянутая только что попытка Дм. Ив. поставить Н в ряду В, а также перенесение Н в один ряд с С (фотокопия VIII) или постановка Н между рядами С и N (фотокопия VII).

«Если можно выразить желание, глядя на прилагаемую таблицу, — пишет Дм. Ив., — то именно наиболее желательным, мне кажется, пополнить число элементов, стоящих ближе к водороду. Те элементы, которые представляют переход от водорода к бору и углероду, составят конечно наиболее важное научное приобретение...» [2, 15].

Возможно, что при этом Дм. Ив. имел в виду также и предполагавшийся им вначале элемент $?=8$ в ряду $H-Cu$ (над Be , т. е. в непосредственном соседстве с H).

Второй вопрос касался элементов группы бора: $B, Al, Uг$ и Au . Дм. Ив. указывает на желательность изучения B , а также Be .

Далее он подчеркивает, что Au , «может быть, должно поставить в ряд железа...» [2, 15].

Эта мысль отражена у Дм. Ив. в ряде таблиц (см. фотокопии VI, VIII и VII), причем на последней из них, хотя Au и не включено в один столбец (ряд) с Fe , но тем не менее оно лишь условно записано в столбце (ряду) $B-Al$, а затем снято с этого места и вынесено на поля таблицы.

Далее Дм. Ив. указывает, что урану «почти несомненно необходимо отвести место в ряду бора и алюминия, и действительно между этими элементами оказывается не мало сходственного. Так напр. от окиси урана, как от борной кислоты, буреет куркума; состав буры $Na_2B_4O_7$, аналогичен с составом уранового соединения $K_2U_4O_7$. Соединения же глинозема с основаниями до сих пор мало исследованы, и этот предмет, давно интересующий меня, послужит для одного из следующих моих сообщений» [2, 15].

В последнем указании отразилась запись, сделанная Дм. Ив. на полях полной черновой таблицы элементов: Al_2O_3, K_2O .

Итак, все содержание статьи «Соотношение свойств с атомным весом элементов» неоспоримо свидетельствует о том, что в этой статье Дм. Ив. отразил, обобщил и подытожил тот путь, каким он шел в день 17 февраля 1869 г. при создании периодической системы элементов.

4. Выводы из статьи

В заключение разбора первой статьи рассмотрим черновой набросок выводов из нее, написанный Дм. Ив. (см. фотокопию Ха). По поводу этих выводов можно сделать несколько замечаний [доп. 36].

В п. 1 черновика Дм. Ив. говорит о графическом изображении периодической зависимости свойств от атомного веса элементов. Первой сводкой данных для составления такого рода графического изображения (зависимости атомного объема от атомного веса элементов) была таблица, изображенная на фотокопии VIII.

Волнообразная, или, лучше сказать, зигзагообразная, линия, выражающая периодическую зависимость свойств элементов от их атомного веса, о чем Дм. Ив. пишет в пункте 1 своего черновика, может рассматриваться как зародыш *одиннадца-*

того варианта системы. Такой вариант был реализован в декабре 1869 г. (т. е. спустя 10 месяцев) Лотаром Мейером в виде кривой атомных объемов.

В п. 2 черновика и в п. 2 напечатанных выводов Дм. Ив. учитывает отрицательный результат своей попытки включить в таблицу элементов щелочноземельные металлы не с истинными, а с эквивалентными весами: Ca ? 20, Sr ? 44, Ba ? 68, Pb ? 103 (см. фотокопию IV). Вместе с тем он указывает на то, что сходство или однообразие в изменении атомных весов в разных группах укрывалось от предшествующих наблюдений, поскольку они не оперировали истинными атомными весами элементов.

В п. 3 напечатанных выводов фигурирует 1-й ряд элементов (не считая H) из таблиц, изображенных на фотокопиях VI и VIII (Li — F).

Заключительная фраза в напечатанных выводах (отсутствующая в черновике) касается изучения Li, Be и B.

В тексте самой статьи Дм. Ив. указывал: «мне, кажется, было бы наиболее интересным подвергнуть бериллий и бор тщательному изучению, что я и постараюсь сделать при первой возможности» [2, 15].

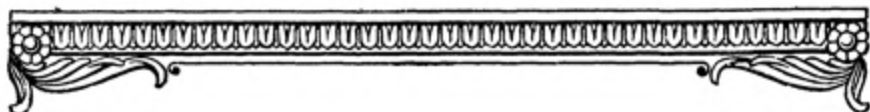
В черновых записях, сделанных примерно в это же время, Дм. Ив. набросал следующий план сравнительного изучения Li и Be [8, 18]:

«Li долж{ен} дать две соля{ные} степ{ени} окисления, равно и Be.

$$\begin{array}{l} \text{Li}_2\text{O} \quad \text{Be}_2\text{O} \text{ сход\{ны\}} \text{ с } \text{Na}_2\text{O} \\ \text{и } \text{LiO} \quad \text{BeO} \text{ ————— } \text{MgO} \\ \text{попроб\{овать\}} \text{ H}_2\text{O}_2 \text{ на } \{? \text{ для получения? } \} \text{ LiO} \cdot \end{array}$$

Такова была первая статья Дм. Ив., посвященная только что открытому периодическому закону, таковы были связанные с нею рукописные таблицы и планы исследования элементов.

Эта статья была написана в течение — самое большее — 11 дней (с 18 по 28 февраля) и не позднее 1 марта 1869 г. была передана редактору «Журнала Русского химического общества» Н. А. Меншуткину.



ГЛАВА V

ПОСЛЕ ДНЯ ОТКРЫТИЯ. НАЧАЛО МАРТА

*(Сыроварни, «Основы химии»
и Русское химическое общество)*

«На рождественских праздниках 1869 г. и объехал сыроварни... Я не скучал изучать все ветви сельского хозяйства. Тут и мои симпатии к артелям».

(Из записей Д. И. Менделеева.)

В марте 1869 г., тут же после окончания статьи «Соотношение свойств с атомным весом элементов», Дм. Ив. поехал на артельные сыроварни.

Накануне отъезда, 1 марта 1869 г., Дм. Ив. разослал многим химикам отпечатанный листок с «Опытом системы элементов».

6 марта состоялся доклад о системе элементов в заседании Русского химического общества.

В марте же Дм. Ив. сделал вставки в первую часть «Основ химии».

Вероятно, тогда же он доработал план и продолжал писать главы 2-й части «Основ химии».

1. Рассылка листка с «Опытом системы элементов».

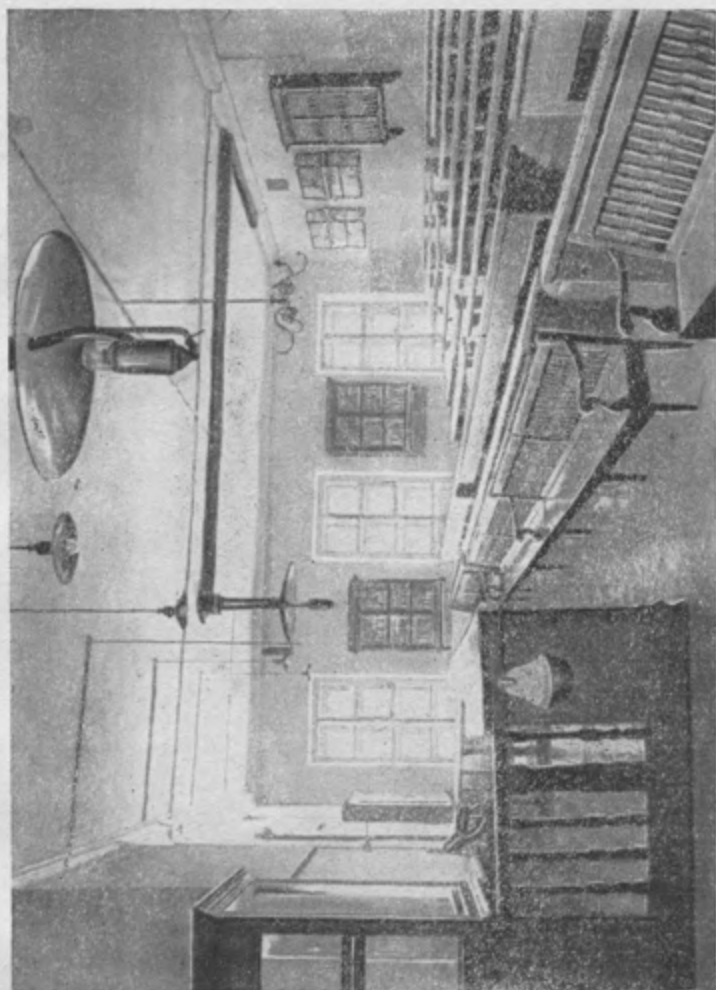
Вставки в 1-ю часть «Основ химии»

В течение того времени, как писалась статья «Соотношение свойств с атомным весом элементов», прошли набор, корректура и печатание листка с «Опытом системы элементов». При корректуре, которую Дм. Ив. срочно затребовал еще при сдаче в набор этого листка, Дм. Ив. внес в таблицу следующее существенное исправление (ср. фотокопию XI с фотокопией V и табл. 33 [доп. 26]).

Он убрал из ряда H—Cn оба гипотетических элемента $?=8$ и $?=22$; при этом он исходил, по-видимому, из того, что место $?=8$ над Be может занять Li=7, а место $?=22$ над Mg может занять Na=23, как это показано на табл. 37 (фотокопия VI).

Кроме того, было внесено еще несколько мелких изменений [доп. 37].

Чтобы закончить рассмотрение работы Дм. Ив. над «Опытом системы элементов», необходимо добавить о вставках, сделан-



Старая химическая аудитория в Петербургском, ныне Ленинградском, университете. Здесь 6 марта 1869 г. Н. А. Меншуткин на заседании Русского химического общества сообщил об открытии периодического закона

ESSAI D'UNE SYSTÈME DES ÉLÉMENTS

D'APRÈS LEURS POIDS ATOMIQUES ET FONCTIONS CHIMIQUES,

par D. Mendeleeff,

profess. de l'Univers. à S.-Petersbourg.

		Ti=50	Zr= 90	?=180.
		V=51	Nb= 94	Ta=182
		Cr=52	Mo= 96	W=186.
		Mn=55	Rh=104,5	Pt=197,5
		Fe=56	Ru=104,4	Ir=198
		Ni=Co=59	Pl=106,6	Os=199.
		Cu=63,4	Ag=108	Hg=200
H=1		Be= 9,4	Mg=24	Zn=65,2
				Cd=112
	B=11	Al=27,4	?=68	U=116
				Au=197?
	C=12	Si=28	?=70	Sn=118
	N=14	P=31	As=75	Sb=122
				Bi=210?
	O=16	S=32	Se=79,4	Te=128?
	F=19	Cl=35,5	Br=80	I=127
Li=7	Na=23	K=39	Rb=85,4	Cs=133
				Tl=204.
		Ca=40	Sr=87,6	Ba=137
				Pb=207.
		?=45	Ce=92	
		?Fr=56	La=94	
		?Yt=60	Di=95	
		?In=75,5	Th=116?	

18^{III}_T69

Фотокопия XI.

Отдельный листок с «Опытом системы элементов» (по-французски), разосланный некоторым иностранным ученым 1 марта 1869 г. (датирован днем открытия по новому стилю).

ных Дм. Ив. в первую часть (вып. 2) «Основ химии», которая печаталась как раз в это время.

Первой такой вставкой был «Опыт системы элементов», целиком и без всяких изменений включенный в часть 1 книги сразу же после предисловия к ней.

Вторая вставка касается созданной Дм. Ив. системы элементов, и сделана она в тексте предисловия к книге.

Говоря о тех обобщениях и гипотезах, которые «отчасти или вполне принадлежат лично мне», Дм. Ив. делает к этому месту примечание. В нем он перечисляет излагаемые в 1-й и во 2-й частях своей книги гипотезы и обобщения, принадлежащие лично ему, называя в том числе также и систему элементов, изложение которой он намеряет дать во 2-й части книги.

Эти гипотезы и обобщения, как указывает далее Дм. Ив., «я старался поставить на соответственных местах, не стремясь придать им вид законченности, а выставляя их только как попытки, стоящие в связи с общим направлением, какое, по моему мнению, имеет в настоящее время наша наука. В этом направлении недостает нам пока еще одного общего, связующего начала: знания, относящиеся к количественной стороне химических превращений, далеко опередили изучение качественных отношений; те и другие представляются ныне разделенными; их связь, ясная в некоторых частных случаях, и должна, мне кажется, составить ту нить, руководство которой выведет химиков из лабиринта современного, уже значительного, но еще довольно одностороннего запаса данных.

Система распределения элементов по группам и взаимная их связь по величине атомных весов, принятых мною в этом сочинении, выражены в таблице, помещенной на обороте этого листка. Основные данные, служившие для составления этой системы, сообщены мною в мартовском заседании Русского химического общества, учрежденного при С.-Петербургском университете, и развиты во второй части моего сочинения» [3, 10—11].

Первый абзац цитаты явно относится к системе элементов, которую Дм. Ив., во-первых, выставил именно как попытку или опыт, не стремясь придать ей вид законченности, а во-вторых, озаглавил ее таким образом, что подчеркнул связь количественной стороны (атомного веса) с качественной стороной элементов (с их химическим сходством).

Позднее, в 3-м издании своей книги (1877 г.), сам Дм. Ив. указал на то, что его система элементов построена на учете взаимной связи обеих сторон химических элементов — качественной и количественной.

«Такая связь, — писал Дм. Ив., — лежит в основе той системы элементов, которой подчинено все мое изложение. Когда (в 1869 г.) я предлагал ее в первом издании этого сочинения,

во мне еще не было полной уверенности в общей применимости основного начала, выражаемого словами: *свойства атомов и частиц зависят прежде всего от их массы*. Теперь эта уверенность родилась» [2, 257].

Предисловие к 1-й части «Основ химии» 1-го издания помечено: «СПб., 1869 г., март», а в предисловии ко 2-му изданию указано, что это было время печатания книги.

2. Доработка плана и очередные главы 2-й части «Основ химии»

После окончания статьи о периодическом законе, по всей вероятности в марте 1869 г., Дм. Ив. приступил к написанию следующей, 4-й, главы 2-й части «Основ химии»; ранее работа над этой главой вызывала у него большие трудности, в ходе преодоления которых он как раз и сделал свое великое открытие.

Но прежде чем начать писать 4-ю и следующие главы 2-й части книги, Дм. Ив. должен был (в соответствии со сделанным открытием) исправить и дополнить общий план 2-й части «Основ химии» (см. фотокопию XII), составленный незадолго до этого, в начале 1869 г. Возможно, что доработку плана Дм. Ив. произвел несколько раньше, еще в конце февраля 1869 г.

Основные изменения, сделанные в раннем плане 1869 г. 2-й части «Основ химии», отражены в табл. 48 [доп. 38]; (ср. фотокопию XII с табл. 7).

Обратимся теперь к разбору текста очередных глав «Основ химии», начиная с главы 4.

О том, что глава 4 писалась уже после открытия периодического закона, можно заключить из ее содержания. Глава 4 называется «Щелочноземельные металлы и их соединения». Она начинается со ссылки на то, что в нее входят чаще распространенные металлы Mg и Ca, подобно тому как к группе щелочных металлов принадлежат наиболее распространенные — Na и K. Имея в виду Na, K, Mg, Ca, Дм. Ив. пишет:

«То соотношение в величине атомного веса, какое существует между этими четырьмя металлами, до некоторой степени подтверждает вышесказанное сравнение. Действительно, пай магния равен 24, кальция 40, тогда как пай натрия и калия суть 23 и 39, т. е. последние на одну единицу менее первых» [4, 122].

Сопоставление обеих групп — щелочных и щелочноземельных металлов — по величине атомного веса их членов было произведено впервые Дм. Ив. только 17 февраля 1869 г. (см. нижнюю таблицу на фотокопии III и полную черновую таблицу на фотокопии IV). В табл. 37 (фотокопия VI) сопоставление

первых членов обеих групп было таким же, как и в начале главы 4, а именно:

$$\begin{array}{ll} \text{Na} = 23 & \text{K} = 39 \\ \text{Mg} = 24 & \text{Ca} = 40 \end{array}$$

Далее Дм. Ив. указывает, что между щелочными металлами, кроме Na и K, имеется ряд других, менее распространенных металлов: Li, Rb и Cs, и ряд металлов, переходных к двуатомным металлам (Дм. Ив. имеет в виду Cu, Ag и Hg).

Точно такое же положение он отмечает и у щелочноземельных металлов; к их группе надо присоединить не только Be, Sr и Ba, но и ряд других элементов, сходных с ними по характеру, однако менее распространенных в природе (Дм. Ив. имеет в виду Zn, Cd, а также, возможно, In, Se и его аналоги), и, кроме того, еще некоторые переходные металлы.

Тот факт, что Дм. Ив. не только сопоставил группу Na с группой Ca, но и включил Be в последнюю группу, снова говорит о том, что главу 4 он писал после 17 февраля 1869 г., т. е. после создания периодической системы элементов.

Далее Дм. Ив. продолжает сравнительное изучение обеих групп, непосредственно сопоставленных им в своей системе элементов, раскрывая их различие и ту степень сходства, которая между ними существует. Он указывает, например, что «окислы, имеющие наименьший пай (Be=9 и Mg=24), также менее энергичны, сравнительно с окислами металлов, имеющих больший атомный вес (Ca, Sr, Ba), как окислы Li и Na менее энергичны, чем для K, Rb, Cs» [4, 123].

Дм. Ив. выясняет, что хотя водные окислы щелочноземельных металлов труднее растворяются в воде, чем щелочи, но при этом обнаруживается та же последовательность, ясно определяемая отношением атомных весов: окиси Be (пай 9) и Mg (пай 24) почти совсем нерастворимы в воде, окись Ca (пай 40) — уже лучше, хотя только в избытке воды, водная окись Sr (пай 87,6) — еще больше, а Ba (пай 137) уже совсем легко растворяется в воде.

Для сернокислых солей отношение получается обратное: растворимость убывает от соли Be до соли Ba.

«Таким образом, — заключает Дм. Ив., — тот порядок, в каком расположены щелочноземельные металлы по величине их атомного веса, {есть} тот же самый порядок {который} выражает и изменения во всех свойствах, так что, собственно говоря, нам нужно было бы описать свойства берилловых и бариевых соединений и сличить с ними соединения Mg, Ca и Sr» [4, 124].

Далее следует весьма важное указание Дм. Ив. на то, что сопоставление данной группы с группой Cl и с группой Na ложится в основу для системы элементов:

«Эти замечания, — пишет Дм. Ив., — довольно явственно указывают на то соответствие, которое существует между свойствами и атомным весом элементов, что мы имели случай наблюдать и в двух вышеописанных группах сходных элементов. Впоследствии мы увидим, что это соотношение отличается большой общностью и может служить твердою опорою для правильной системы простых тел» [4, 125].

Ссылка на систему элементов, опирающуюся на их атомные веса, а также выражение «соответствие... между свойствами и атомным весом элементов», почти дословно совпадающее с названием статьи Дм. Ив. «Соотношение свойств с атомным весом элементов», говорят о том, что главу 4 уже с самого ее начала он писал после открытия периодического закона.

Это подтверждается и дальнейшим текстом этой главы.

При переходе от изложения Mg и Ca к изложению остальных членов данной группы Дм. Ив. пишет, что в разряде щелочноземельных металлов Sr и Ba стоят к Ca столь близко и совершенно в таком же отношении, как Rb и Cs относятся к K.

«Это видно даже из сравнения паев этих элементов: пай калия, рубидия и цезия суть: 39, 85,4 и 133; пай кальция, стронция и бария суть: 40, 87,6 и 137. Значит, пай щелочноземельных металлов несколько более паев соответственных щелочных металлов, как и пай Mg более пая Na. Что касается до степени сходства, то оно весьма разительно... При всем этом сходстве, существует, конечно, и полное качественное различие соединений этих различных металлов и притом в этом различии замечается последовательность в изменении свойств, сообразная с изменением в величине атомного веса, как мы видели в предшествовавших естественных группах элементов» [4, 157].

Здесь у Дм. Ив. проводится та мысль, что три группы (группа Cl, группа K и группа Ca), вплотную сближенные по величине атомных весов их членов, составляют основу системы элементов. Позднее эту мысль Дм. Ив. неоднократно подчеркивал в «Основах химии».

Особенно убеждает нас в том, что глава 4 писалась после 17 февраля 1869 г., ее раздел, посвященный Be. Это касается как изменения атомного веса Be, так и определения его места в системе элементов. Дм. Ив. пишет:

«Как в разряде щелочных металлов мы видели близкие между собой по свойствам металлы калий, рубидий и цезий и, кроме них, два металла с меньшим паем, а именно, натрий и литий, представляющие уже некоторые особые характерные свойства, так точно в разряде щелочноземельных металлов, кроме кальция, стронция и бария, мы находим магний и еще металл *бериллий*, или *глиций*. Относительно величины атомного веса он стоит в таком же положении в ряду описываемых металлов, в каком

стоит литий в разряде щелочных металлов, потому что пай бериллия равен $Be=Gl=9,4$. Пай этот более пая лития (7), как пай магния (24) более пая натрия (23), кальция (40) более, чем калия (39), и т. д.» [4, 165].

Далее Дм. Ив. разъясняет, почему первоначально Ве ставился в один ряд с Al, что отражено у него в нижней неполной табличке и в полной черновой таблице элементов (см. фотокопии III и IV).

«Окись глиция в своих соединениях представляет сходство с окисью алюминия в такой же мере, в какой окись лития сходна с окисью магния. Оттого немудрено, что ее долгое время смешивали с глиноземом и придавали ей состав окиси алюминия, Be_2O_3 (Ве тогда $=14,1$). Действительно окись глиция, подобно окиси алюминия, осаждается из раствора своих солей щелочами... Это подобно тому, что нерастворимость углелитиевой соли составляет отличие лития от других щелочных металлов» [4, 165].

Отметив меньшую химическую активность (окисляемость) по сравнению с другими членами той же группы, Дм. Ив. поясняет:

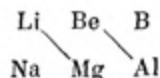
«Характернее всего, что и в ряду щелочных металлов мы имеем литий, обладающий, по-видимому, меньшим сродством к кислороду и меньшим паем, тогда как в ряду щелочноземельных металлов эти свойства замечаются ясно развитыми у бериллия. Это сходно с тем, что в ряду галоидов мы видели фтор, отличающийся отсутствием способности давать соединения с кислородом, что замечается во всех остальных галоидах» [4, 166].

Помимо сопоставления трех групп (группы Cl, группы K и группы Ca), постоянно подчеркиваемого Дм. Ив., в приведенном рассуждении важны еще два обстоятельства:

1) сравнительное изучение Li и Ве, которое Дм. Ив. предполагал произвести и на что он указывал дважды в конце своей первой статьи о периодическом законе и еще раз в плане такого рода сравнительного изучения;

2) первое указание на существование связей и отношений элементов, расположенных в системе элементов по диагонали.

Если исходить из таблиц, изображенных на фотокопиях VII и VIII, то можно составить следующую часть системы элементов:



Здесь по диагонали соотносятся между собою: Li и Mg; Be и Al, на что указывается в приведенной выше цитате из «Основ химии», где сопоставляются друг с другом соединения имен-

но этих двух пар элементов. Верхние же три элемента (Li, Be и В) — это как раз те, сравнительным изучением которых Дм. Ив. намеревался заняться.

В самом конце главы имеется первая ссылка на И. В. Авдеева и приводятся доказательства в пользу магнезиальной (но не глиноземной) формулы окиси Ве.

«Бериллий мы относим к разряду щелочноземельных металлов и придаем его окиси формулу, свойственную окислам этих металлов, т. е. ВеО, как это давно сделал наш русский исследователь соединений этого металла, Авдеев, который сличил соединения глиция с соединениями магния и устранил прежде господствовавшее мнение о сходстве состава окиси глиция с окисью алюминия, доказавши для этого, что серноглициновая соль представляет больше сходства с серномагнезиальной солью, чем с серноглиноземной солью. Сходство серноглициновой соли с серномагнезиальной выражается особенно ясно в том, что обе они удерживают весьма энергично последний пай кристаллизационной воды, обе дают с сернощелочными солями двойные соли, содержащие в два раза более, а не в четыре раза более (как для квасцов, т. е. глинозема) серной кислоты, чем во взятой сернощелочной соли, притом эти соли изоморфны с солями, образованными магнием и сходными с ним металлами... Этим нарушается сходство глиция с алюминием» [4, 166—167].

Можно думать, что главу 4 Дм. Ив. дописал в марте 1869 г. или, возможно, несколько позже. Тогда же он, вероятно, стал писать и следующие главы вып. 3 «Основ химии». Эти главы мы рассмотрим здесь очень кратко и лишь в отношении того, как в них Дм. Ив. реализовал свой план 2-й части «Основ химии» и свой «Опыт системы элементов».

Говоря о металлах, сходных с металлами щелочных земель, Дм. Ив. поясняет:

«...Некоторые из таких металлов более приближаются по свойствам к магнию, другие к барию, как к двум более известным крайним членам группы щелочноземельных металлов. В особенности значительное число металлов в соответственных окислах представляет сходство с магнезией и магнезиальными соединениями. Над этими-то металлами мы прежде всего и остановимся. Сперва укажем на те, которые представляют несомненное и совершенно явственное сходство с магнием (Zn, Cd), потом на те, у которых сходство более отдаленное (Cu в солях окиси, Fe, Mn, Co, Ni в солях закиси), а впоследствии уже перейдем к таким металлам, которые представляют преимущественно сходство с барием (Pb)» [4, 173—174].

Сближение Zn и Cd с Mg наблюдается во всех записях Дм. Ив., сделанных в течение 17 февраля 1869 г., начиная с пометок на письме Ходнева и кончая «Опытом системы элементов».

В плане 2-й части «Основ химии» 1869 г. Zn и Cd (вместе с In, а затем и Se с его аналогами) стоят непосредственно после группы Mg.

Сближение Pb с Ba сделано только в заключительных таблицах этого дня (см. фотокопии IV и V). В плане 2-й части «Основ химии» Pb вместе с другими тяжелыми металлами передвинут в конец книги. Но за группой Zn и Cd в этом плане шли Cu и Ag, а после них были впоследствии поставлены Fe, Ni, Co, Mn и др.

Следовательно, в общем Дм. Ив. писал вып. 3 в соответствии с окончательным вариантом этого плана [доп. 39].

В главе 5 под названием «Цинк и кадмий (Индий, цериты и гадолиниты)» говорится:

«Пай цинка=65,2, а кадмия=112. В ряду щелочноземельных металлов они займут (по величине пая) место между Ca=40, Sr=87,6 и Ba=137, потому что пай Zn почти занимает середину между паями Ca и Sr, а пай Cd между Sr и Ba» [4, 184].

Это могло быть написано только после статьи «Соотношение свойств с атомным весом элементов», поскольку в ней Дм. Ив. писал, что нельзя перемешать эти тела в одну группу:

Mg=24, Ca=40, Zn=65, Sr=87,6, Cd=112, Ba=137.

Это значило бы, по мнению Дм. Ив., нарушить естественное сходство элементов.

Описывая In сразу после Zn и Cd, Дм. Ив. следовал тому, что имелось и в указанной статье, и в ряде таблиц (см. фотокопии III, IV и VIII), где он помещал In около Zn. Он отмечал:

«Индий хотя и летуч, но труднее, чем цинк и кадмий, что уже одно может указать на его несходство с этими металлами, потому что пай его, если он справедливо определен, находится в середине между паями цинка и кадмия...» [4, 187].

Смысл этих слов в точности повторяет сказанное в первой статье Дм. Ив. о периодическом законе о том, что в группе Mg, Zn и Cd нужно было бы, по всей вероятности, поместить In=75,6?, если только этот элемент принадлежит к этому ряду (он труднее летуч, чем Zn и Cd), а также о том, что атомный вес In едва ли верно установлен.

Полагая, что церитовые металлы составляют группу металлов, сходных, возможно, с Mg, Дм. Ив. указывает, что к этой группе, по-видимому, относится и торий. Но он тут же оговаривается:

«Торий более сходен с цирконием, и потому будет описан далее» [4, 187], и это совпадает с тем, что подразумевалось в плане 2-й части «Основ химии» начала 1869 г. (см. фотокопию XII).

«Но ни один из них до сих пор не исследован с надлежащей полнотой, — добавляет Дм. Ив., — так что существует много

сомнительного относительно их свойств... Пай иттрия до сих пор весьма сомнителен...» [4, 187, 189]. Последнее обстоятельство Дм. Ив. отмечал и в своей первой статье о периодическом законе.

Далее Дм. Ив. указывает на то, что состав окиси La, возможно, не RO , а R_2O_3 и что атомные веса Ce, La и Di установлены, «вероятно, не совсем точно» [4, 191].

Все это служит как бы оправданием и обоснованием того, почему из таблиц элементов, изображенных на фотокопиях VI и VII, Дм. Ив. полностью удалил всю группу сомнительных элементов, стоявших в нижней части напечатанного «Опыта системы элементов».

Глава 6 («Медь и серебро») начинается со следующих слов:

«Эти два металла как по своим свойствам, так и по величине атомного веса находятся в таком же отношении к щелочным металлам, в каком цинк и кадмий относятся к ряду металлов щелочных земель. Действительно пай меди 63,4 находится в промежутке между паями калия (39) и рубидия (85), так же точно как пай цинка (65,2) стоит между паями кальция (40) и стронция (87,6). А пай серебра (108) настолько же почти превышает пай рубидия, насколько пай кадмия (112) превышает пай стронция» [4, 193].

Если воспользоваться таблицей, изображенной на фотокопии VI, то середины двух верхних ее строчек можно записать так:

Na=23	K=39	Cu=63,4	Rb=85,4	Ag=108	Cs=133
Mg=24	Ca=40	Zn=65,2	Sr=87,6	Cd=112	Ba=137,

что представляет собой то самое сопоставление, которое Дм.Ив. сделал в главе 5 и в начале главы 6.

Далее Дм. Ив. указывает, что если Zn и Cd образуют окиси состава RO (как и щелочноземельные металлы), то соединения Cu и Ag весьма сходны с соединениями щелочных металлов; для Cu и Ag существуют окислы состава R_2O , как и в группе Na. Однако для Cu известна, кроме этой низшей соляной окиси, высшая, составленная по формуле RO . В солях CuO медь сходна с окислами щелочноземельных металлов, в солях Cu_2O она сходна с солями щелочных металлов и Ag_2O .

«Таким образом медь соединяет в себе атомную способность металлов щелочных и щелочноземельных и дает, посредством этого, одно из самых важнейших доказательств в пользу справедливости представления о составе металлических окислов обоих названных разрядов» [4, 193].

Вследствие того что медь дает две степени окисления (Cu_2O и CuO), она оказывается переходным металлом, связующим собою группу одноатомных (щелочных) и группу двуатомных (щелочноземельных) металлов.

Вслед за тем в начале той же главы 6 приводятся сравнительные данные об удельных весах и атомных объемах [4, 197]. Сопоставляя их с данными на фотокопии VIII, легко заметить, что первые составлены позднее. Последовательность записей, касающихся указанных свойств, приведена в табл. 49 [доп. 40].

Следующие главы (7 и 8) посвящены семейству Fe и примыкающим к нему элементам; их расположение соответствует тому, какое отражено на фотокопиях VI и VIII. Указав, что пай Fe=56, Дм. Ив. пишет:

«К железу весьма близки по свойствам кобальт и никель, пай которых равен 59. Они составляют по всем физическим и химическим свойствам переход от железа к меди, пай которой (63,4) больше пая этих металлов. С другой стороны, марганец (пай 55) и хром (пай 52) составляют переход от железа к таким металлам, как ванадий (пай 51) и титан (пай 50), которых окислы обладают уже весьма слабым основным характером и весьма развитым кислотным характером... Таким образом в рассматриваемой группе содержится 5 металлов, близких по паям и способных давать окислы состава RO, подобного по составу магнезии» [4, 253].

Далее, Дм. Ив. отмечает, что в отличие от Mg металлы семейства Fe образуют не одну соляную степень окисления, а обычно несколько; Co и Ni дают окиси состава R_2O_3 очень непрочные, а Cu такой окиси не дает. Следовательно, здесь «порядок по величине веса атома Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu показывает порядок прочности окислов RO и R_2O_3 » [4, 254]. Подчеркнув, что эти металлы дают еще высшие степени окисления, Дм. Ив. заключает:

«Это разнообразие в степенях окисления названных металлов придает им совершенно самобытный характер и заставляет группировать их в отдельности от магния и тому подобных металлов, неспособных давать различных степеней окисления» [4, 254].

Здесь получила дальнейшее развитие мысль Дм. Ив. о том, что все пять аналогов Fe образуют отдельное, несколько обособленное семейство (атомные веса от 52 до 59), играющее роль переходного звена от V к Cu, как об этом Дм. Ив. писал в примечании к своей первой статье о периодическом законе. Эта мысль ясно выражена на фотокопиях VI и VIII, где Cr, Mn, Fe, Ni, Co вынесены за границы системы (на фотокопии VIII они даже отделены вертикальной чертой от остальной части таблицы элементов).

В таком направлении Дм. Ив. продолжал свою работу над очередными главами 2-й части «Основ химии» после открытия периодического закона.

3. Доклад в Русском химическом обществе и поездка на сыроварни. Еще две развеянные легенды

Теперь, когда листок с «Опытом системы элементов» был отпечатан и 1 марта 1869 г. разослан химикам и когда была закончена статья «Соотношение свойств с атомным весом элементов», Дм. Ив. мог, наконец, выполнить взятое на себя обязательство перед Вольным экономическим обществом, а именно — довести до конца начатое им еще в декабре 1868 г. обследование артельных сыроварен

Как уже говорилось выше, для этого Дм. Ив. требовалось около 10 дней. Но возникал вопрос о чтении доклада, касающегося системы элементов, на ближайшем заседании Русского химического общества, которое должно было состояться 6 марта 1869 г.

На стр. 35 (вып. 2 и 3) I тома «Журнала Русского химического общества» за 1869 г. напечатано по этому поводу следующее:

Заседание 6-го марта 1869 г.

1. Н. Меншуткин сообщает от имени *Д. Менделеева* опыт системы элементов, основанной на их атомном весе и химическом сходстве. За отсутствием *Д. Менделеева* обсуждение этого сообщения отложено до следующего заседания» (см. стр. 435 этой книги).

Сам Дм. Ив. ничего не сообщил по поводу причин своего отсутствия на указанном заседании. В примечании к своей статье «Соотношение свойств с атомным весом элементов», датированном 5 апреля 1869 г., он указал:

«Предмет этой статьи сообщен был в мартовском заседании Химического Общества..» [2, 15].

В приведенном предисловии к 1-й части «Основ химии», которое датировано мартом 1869 г., он писал: «Основные данные, служившие для составления этой системы, сообщены мною в мартовском заседании Русского химического общества... и развиты во второй части моего сочинения» [3, 11]

Позднее, в «Списке моих сочинений», Дм. Ив. отметил по поводу своей статьи «Соотношение свойств с атомным весом элементов», стоящей под № 42:

«Первое сообщение (№ 42) сделано было 6 марта 1869 в заседании Химического общества...» [7, 53].

Можно привести еще и другие аналогичные ссылки. Но нигде Дм. Ив. не объяснил, почему сообщение о его системе элементов сделал вместо него Н. А. Меншуткин и почему он сам не присутствовал на этом важном заседании.

Свидетельство.



Представитель сего, Орден -
маршьял Императорского Импе -
риаторского С. Петербургскаго Уни -
верситета Дмитрий Иванович Мен -
делеевъ, уволенный в отставку въ Ново -
городскую, Тверскую и Московскую Гу -
бернии, срокомъ по 28 ^{12 марта} февраля сле -
дующаго года; въ удостовѣреніе чего и выданъ
Менделѣеву это свидетельство для
свободнаго проезда въ означенный губер -
ний по обратному С. Петербургу, февраля
мѣся 29 дня 1869 г.

Ректоръ С. Петербургскаго
Университета К. Менделѣевъ

Секретарь Ловтасъ С. Зиндлеръ

Фотокопия XIII.

Свидетельство для поездки Менделеева на сыроварни
(выдано 15 февраля) с обозначением отсрочки поездки
до 12 марта.

Разбор фотокопии дан в [доп. 42]

[illegible]

Фотокония XIV.

Письмо П. В. Верещагина о маршруте поездки на сыроварни, полученное Менделеевым незадолго до 17 февраля 1869 г.

Разбор фотоконии дан в [дон. 42]



50 X 3 1/2
210
70 - 1000
100 2000

Его Высочайшему
Дмитрию Ивановичу
Менделѣеву.
Въ зданіи университета.

Фотокопия XV.

Извещеніе о предстоящем сообщеніи Менделѣева на засѣданіи
отделения Вольнаго экономическаго общества
(получено 18 марта 1869 г.) с замѣтками Менделѣева
о числѣ экземпляров вып. 2 «Основ химіи».

Разбор фотокопій данъ въ [доп. 42]

Гг. Члены I Отдѣленія Императорскаго
Вольнаго Экономическаго Общества приглашаются въ
Собраніе, нѣющее быть въ домѣ Общества 20. сего
марта, въ 7, часовъ вечера.

Въ Собраніи зтояъ, между прочимъ, г. членъ Д. И.
Мендѣлевъ сообщитъ, собраніи имъ
на мѣстѣ, свидѣнія, объ архимандритѣ
совершившемся Утвержденіи губерніи и по
поводу этого сдѣлаемъ нѣкоторые
замѣчанія о крестьянскомъ ското-
водствѣ.

Фотокопия XV.
(Окончаніе)

Столь же безуспешны были попытки найти объяснение этого факта среди высказываний Н. А. Меншуткина. Спустя 25 лет после открытия периодического закона, 3 марта 1894 г., Отделение химии Русского физико-химического общества провело заседание, посвященное «Четверти века периодического закона». Опубликованный в журнале Общества протокол этого заседания гласил:

«Н. А. Меншуткин просит разрешения сказать несколько слов по поводу достопамятного в истории русской химии события и обращается к собранию со следующей речью:

„День сегодняшнего заседания нам нельзя будет оставить без воспоминания о том, что в заседании 6-го марта 1869 года Д. И. Менделеев сообщил первую свою статью о периодическом законе. Исполнилось 25-летие этого закона. Принося поздравление, пожелаем Дмитрию Ивановичу долгих дней, пожелаем, чтобы наши потомки каждую четверть века вспоминали этот день, важнейший в истории русской химии“.

Все собрание единодушным и горячим выражением одобрения присоединяется к поздравлению, принесенному одним из его членов.

Д. И. Менделеев благодарит собрание и с удовольствием вспоминает о том, что и первое сообщение о периодическом законе сделано Н. А. Меншуткиным, 25 лет тому назад, по просьбе автора, не могшего быть тогда в заседании» [9а, 59].

Вопрос о том, почему же Дм. Ив. не мог быть тогда в заседании, остался и после этого невыясненным. В связи с этим позднее возникли различные легенды по этому поводу. Наиболее распространенная легенда исходила из того, что должна была быть какая-то очень серьезная *внешняя* причина, которая помешала Дм. Ив. присутствовать на заседании Общества, вопреки весьма понятному сильному желанию Дм. Ив. сделать самому первое сообщение о своей системе или по крайней мере присутствовать при этом событии.

Самым естественным было допустить, что Дм. Ив. заболел и не мог прийти на заседание Общества. Такая легенда о мнимой болезни Дм. Ив. пошла от Б. Н. Меншуткина (1874—1938), сына Н. А. Меншуткина. Она сразу же вызвала к себе доверие, так как легко можно представить, что Б. Н. Меншуткин, будучи химиком и историком химии, узнал об этом непосредственно у своего отца, который уж, конечно, должен был знать, почему Дм. Ив. просил его прочесть вместо себя доклад 6 марта 1869 г. Вот что писал по этому поводу Б. Н. Меншуткин в 1932 г.:

«В заседании 6 марта 1869 года Русского химического общества (учредительное собрание которого состоялось в ноябре 1868 года) Д. И. Менделеев хотел сделать сообщение о своей

системе элементов; но по болезни не мог быть, и вместо него сообщение сделал мой отец, Н. А. Меншуткин. Как он мне потом рассказывал, сообщение не вызвало особого интереса или обмена мнений»¹.

Хотя здесь прямо и не сказано, что о болезни Дм. Ив. в день зачитания его доклада Б. Н. Меншуткин узнал от своего отца, тем не менее у читателя легко может создаться такое именно впечатление. К сожалению, Н. А. Меншуткин, зачитывавший статью Дм. Ив. в марте 1869 г., ничего об этом не сказал в своей книге по истории химических воззрений, изданной в 1888 г., хотя в ней он отвел немало страниц специально периодическому закону Дм. Ив.² [доп. 41].

Спрашивается: в чем же действительная причина того, почему Дм. Ив. попросил Н. А. Меншуткина сделать вместо него сообщение о периодическом законе? Найденные новые документы и сведения, тогда же опубликованные Дм. Ив. в печати, говорят о том, что причиной этого был отъезд Дм. Ив. из Петербурга на аргельные сыроварни (см. фотокопии XIII, XIV и XV [доп. 42]).

Теперь стала ясна вся картина того, как шла подготовка открытия периодического закона в течение 1868 г., как Дм. Ив. непосредственно приближался к нему в январе и первой половине февраля 1869 г., как оно совершилось 17 февраля 1869 г. и как после этого в конце февраля и марте 1869 г. Дм. Ив. обрабатывал и готовил к печати то, что им было найдено в день 17 февраля 1869 г.³ [доп. 43].

¹ Б. Н. Меншуткин, Важнейшие этапы в развитии химии за последние полтора столетия, изд. АН СССР, Л. 1932, стр. 63—64.

² См. Н. Меншуткин, Очерк развития химических воззрений, Спб. 1888, стр. 319—339.

³ См. примечание на стр. 36.



Часть вторая

**АНАЛИЗ ХОДА
И РЕЗУЛЬТАТОВ ОТКРЫТИЯ
17 февраля 1869 г.**

(Логический разбор)

«Я знаю, что в мире идей, совершенно так же, как в материальном, «из ничего ничто не может создаваться»...»

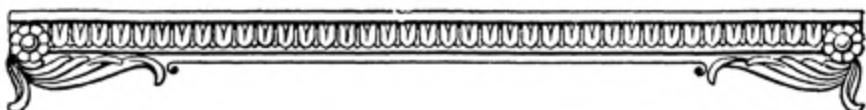
(Д. И. Менделеев, К истории периодического закона.)

«Все находится в генетической связи».

(Из записок Д. И. Менделеева.)



Конторка, за которой Дм. Ив., по свидетельству
А. А. Иностранцева, стоял, работая над составлением
системы элементов. Современный вид.
(Хранится в Музее-архиве Д. И. Менделеева при ЛГУ)



ГЛАВА VI

ДЕНЬ ОТКРЫТИЯ В СВЕТЕ РАЗЛИЧНЫХ ИСТОЧНИКОВ (Развеянные легенды)

«Вижу во сне таблицу, где элементы расставлены, как нужно».

(Из разговора Д. И. Менделеева
с А. А. Иностранцевым.)

«.. Я принял те же группы аналогичных элементов, что и мои предшественники, но поставил целью изучить закономерности во взаимоотношении групп. Тем самым я пришел к вышеупомянутому общему принципу, который приложим ко всем элементам...»

(Д. И. Менделеев, К вопросу
о системе элементов)

«Признавая путь опыта единственно верным, я сам проверял, что мог, и дал в руки всем возможность проверять или отвергать закон...»

(Д. И. Менделеев, Основы химии.)

Значение новых архивных материалов Дм. Ив., относящихся ко времени открытия периодического закона и характеризующих обстановку, в которой оно было сделано, поистине огромно. Эти материалы проливают новый свет на одну из важнейших страниц в истории науки; они позволяют уточнить существенные стороны и даже многие мелкие детали данного открытия, а также разрешить ряд неясных и спорных вопросов, касающихся его истории.

К их числу относились, в частности, следующие:

- 1) Какую роль в открытии сыграло у Дм. Ив. сновидение?
- 2) Что Дм. Ив. сделал сначала: открыл ли периодический закон, а затем на его основе построил периодическую систему элементов или наоборот— создал систему, а затем из нее вывел периодический закон?
- 3) Каков был конкретный путь, которым Дм. Ив. пришел к своему открытию: сопоставлял ли он при этом группы элементов или составил сразу общий ряд элементов по величине их атомных

весов, а затем разделил его на отдельные периоды? Если же он сопоставлял группы, то целиком или только в части их начальных членов, относящихся к числу легких элементов?

4) Почему в окончательную таблицу элементов оказались неправильно включенными некоторые «сомнительные» элементы, вследствие чего, на первый взгляд, нарушался принцип расположения элементов по величине их атомных весов?

Существует несколько рассказов близких Дм. Ив. людей о том, как был открыт периодический закон; эти рассказы передавались очевидцами устно, затем проникли в печать и стали своего рода легендами, проверить которые до сих пор не представлялось возможным из-за отсутствия документальных данных.

Найденные новые материалы в архиве Дм. Ив. позволили проверить и опровергнуть некоторые из этих легенд. Обратимся к их рассмотрению.

В заключение же главы рассмотрим ряд приемов, с помощью которых устанавливается последовательность записей, сделанных Дм. Ив. 17 февраля 1869 г.

1. Как было сделано открытие?

(Во сне или наяву?)

Сохранились два свидетельства профессора геологии С.-Петербургского университета А. А. Иностранцева (1843—1919), близкого друга Дм. Ив., относительно некоторых обстоятельств открытия периодического закона.

А. А. Иностранцев, посещавший Д. И. Менделеева в те дни, когда шло открытие периодического закона, приводит весьма любопытные штрихи того, как Д. И. Менделеев трудился над созданием своей системы элементов.

В самый момент этого открытия Иностранцев зашел к Дм. Ив. на его университетскую квартиру и застал его стоящим у его любимой конгорки; Дм. Ив. был весьма не в духе. Иностранцев из разговора с Дм. Ив. вынес определенное, хотя, как увидим ниже, и не вполне точное, представление о том, каким путем Дм. Ив. сделал свое открытие. Поскольку это является единственным дошедшим до нас живым свидетельством, особенно важно установить, что именно в рассказе Иностранцева заслуживает доверия и что должно быть отвергнуто на основании новых архивных документов.

И. И. Лапшин, опубликовавший рассказ Иностранцева, писал:

«О завершающей творческий процесс интуиции Менделеева заслуженный профессор Александр Александрович Иностран-

цев любезно сообщил мне в высшей степени интересные вещи. Однажды, уже будучи секретарем физико-математического факультета, А. А. зашел проводить Менделеева, с которым, как ученик и близкий друг, был в непрестанном духовном общении. Видит: Д. И. стоит у конторки, по-видимому, в мрачном, угнетенном состоянии.

— Чем вы заняты, Дмитрий Иванович?

Менделеев заговорил о том, что впоследствии воплотилось в периодическую систему элементов, но в ту минуту закон и таблица еще не были сформированы: *«Все в голове сложилось, — с горечью прибавил Менделеев, — а выразить таблицей не могу»*¹.

В этой части рассказа Иностранцева нет ничего, что противоречило бы вновь обнаруженным архивным материалам, а также свидетельствам других лиц [доп. 44].

Но возникает вопрос: на какой стадии открытия периодического закона могло произойти это свидание Иностранцева с Дм. Ив.?

Очевидно, Дм. Ив. должен был уже достаточно долго заниматься составлением своей таблицы, если у него в голове все уже сложилось и он успел уже сделать несколько попыток выразить свою идею таблицей.

Следовательно, это не могло быть в первый момент начатой работы, т. е. при записывании выкладок на письме Ходнева и даже при составлении верхней неполной таблички элементов. Но это могло быть при составлении нижней таблички, вернее, при ее окончании, когда Дм. Ив. стало ясно, что ему не удастся включить в эту табличку все элементы, а новый путь к составлению полной таблицы (путь карточек и раскладывания их в «пасьянс») он еще не нашел.

Если бы это свидание произошло в то время, когда Дм. Ив. писал или уже раскладывал карточки, то Иностранцев не мог бы их не заметить и, несомненно, спросил бы, что означают эти карточки. С другой стороны, вряд ли бы и сам Дм. Ив. стал жаловаться после того, как он нашел путь «пасьянса», что у него только в голове все сложилось, а на бумаге не выходит, ибо с того момента, как он приступил к составлению полной черновой таблицы элементов (см. фотокопию IV) и вплоть до ее завершения, открытие, по-видимому, непрерывно и успешно продвигалось к окончательному оформлению системы элементов.

Нигде в ходе работы над черновой таблицей не удастся обнаружить другой момент, когда Дм. Ив. мог бы попасть в то затруд-

¹ И. И. Лапшин, *Философия изобретения и изобретение в философии*. (Введение в историю философии), т. II, изд. «Наука и школа», 1922, стр. 81.

нительное положение, в каком его застал Иностранцев. Позднее, как мне кажется, Дм. Ив. имел еще меньше оснований жаловаться на то, что у него на бумаге ничего не получается.

Значит, наиболее вероятно, что в течение всего дня 17 февраля 1869 г. момент такого рода наступил тогда, когда Дм. Ив. прервал работу над составлением нижней неполной таблички и стал искать выхода из создавшихся затруднений.

Второе свидетельство Иностранцева касается событий, последовавших за его посещением Дм. Ив. Продолжая излагать рассказ Иностранцева, тот же Лапшин писал:

«Немного позднее оказалось следующее. Менделеев три дня и три ночи, не ложась спать, проработал у конторки, пробуя скомбинировать результаты своей мысленной конструкции в таблицу, но попытки достигнуть этого оказались неудачными. Наконец, под влиянием крайнего утомления Менделеев лег спать и тотчас заснул. „Вижу во сне таблицу, где элементы расставлены, как нужно. Проснулся, тотчас записал на клочке бумаги, — только в одном месте впоследствии оказалась нужной поправка“. „Возможно, — добавляет профессор Иностранцев, — что этот клочок бумаги сохранился и до настоящего времени. Менделеев нередко пользовался для заметок неиспользованными полулистками почтовой бумаги от полученных им записок“»¹.

В этом рассказе резко расходится с действительностью заявление, будто Дм. Ив. открыл свою периодическую систему во сне, что опровергается приведенными выше документами (ниже об этом говорится подробнее).

Явным преувеличением является также версия о том, будто Дм. Ив. работал над составлением «Опыта системы элементов» в течение трех суток и что будто его работа неизменно кончалась неудачей, пока он не лег спать.

Во-первых, все известные документы показывают, что Дм. Ив. сделал открытие в течение одного дня.

Во-вторых, после целого дня напряженнейшей работы мысли он, по всей вероятности, очень устал, но все же у него вряд ли могло развиваться крайнее утомление, какое неизбежно появилось бы после трех суток, проведенных в непрерывной работе без сна.

Если отбросить эти явные искажения и преувеличения, то, на мой взгляд, в свидетельстве Иностранцева заслуживает доверия следующее.

Устав к концу своей работы над системой элементов, Дм. Ив. действительно мог прилечь и увидеть во сне свою таблицу, где элементы были расставлены, как нужно. Проснувшись,

¹ И. И. Лапшин, *Философия изобретения и изобретение в философии*. (Введение в историю философии), т. II, изд. «Наука и школа», 1922, стр. 81.

он мог записать это так, что впоследствии лишь в одном месте потребовалось сделать изменение.

Такой таблицей, где впоследствии только в одном месте было сделано исправление, не могла быть полная черновая таблица (см. фотокопию IV), ибо исправлений в ней имеется множество. Достаточно только взглянуть на нее, чтобы убедиться, что она составлялась постепенно, шаг за шагом и была доведена до конца лишь в результате длительного и упорного труда. По количеству сделанных в ней поправок и переносов можно судить, с какой отчетливостью и с каким напряжением работала мысль Дм. Ив. в поисках наиболее естественного расположения каждого элемента в системе, так что не может быть и речи о том, чтобы все это делалось во сне. Но такой таблицей, на какую ссылается Иностранцев, могла быть беловая, т. е. переписанная начисто полная таблица элементов (фотокопия V), где впоследствии (т. е. при корректуре в гранках) Дм. Ив. действительно сделал только одно исправление перед ее печатанием: он вычеркнул два предполагавшихся элемента в ряду H—Cu: $?=8$ и $?=22$ (см. табл. 34).

Итак, поскольку сам же Иностранцев со слов Дм. Ив. указал, что только в одном месте таблицы, записанной на бумаге после пробуждения, впоследствии оказалась нужной поправка, то на основании этого признака легко установить, что речь идет действительно о таблице, изображенной на фотокопии V.

А это означает, что Дм. Ив. действительно мог увидеть во сне свою систему переписанной с черновика набело, иначе говоря, ему действительно могло присниться, будто он переписывает созданную уже им таблицу элементов в обратном порядке: в черновике элементы располагались так, что более легкие стояли под более тяжелыми; в беловом экземпляре, напротив, более легкие стояли над более тяжелыми.

В таком случае слова: «где элементы расставлены, как нужно», получают совершенно точный смысл: в черновой таблице (фотокопия IV) элементы располагались в столбцах не по возрастанию, а *по убыванию* атомных весов; переписывая же ее набело (фотокопия V), Дм. Ив. расположил их *по возрастанию* атомных весов, т. е. расставил их, как нужно.

Но, разумеется, речь шла при этом *не об открытии* периодической системы элементов, а лишь о *более удобном табличном оформлении открытой уже системы*. Никакого особого открытия этим не было сделано, более того: все это стало возможным только после того, как открытие было доведено Дм. Ив. до конца в состоянии бодрствования, а не в сонном состоянии. Да и вообще никакое сновидение не могло бы сразу, в готовом виде представить результат этого длительного и кропотливого труда, если бы этот результат не был уже достигнут ранее.

Еще в одной части своего рассказа, переданного Лапшиным, Иностранцев не ошибся: «клочок бумаги», о котором ему говорил Дм. Ив., действительно сохранился и был недавно найден.

На основании этой именно находки с большой вероятностью можно теперь, спустя почти 90 лет, установить, в какой степени рассказ Иностранцева соответствует действительности и, в частности, какую таблицу элементов подразумевал Дм. Ив., говоря о том, что он увидел ее во сне и записал затем на листке бумаги. *Факты* и прежде всего написанные рукой Дм. Ив. две полные таблицы элементов (см. фотокопии IV и V) неоспоримо подтверждают это.

Могут спросить, в состоянии ли был Дм. Ив. сделать в течение дня все то, что нами отнесено к 17 февраля 1869 г.? Было ли это вообще в человеческих силах? Хватило ли бы вообще одного дня, чтобы успеть сделать все записи на бумаге, написать карточки для всех элементов и проделать кропотливейшую работу по раскладыванию «химического пасьянса»?

Чтобы ответить на эти вопросы, я попытался, хотя бы очень приблизительно, подсчитать, сколько времени могло занять у Дм. Ив. каждое из рассмотренных выше событий, имевших место в течение 17 февраля 1869 г. [доп. 45]. Такой подсчет, как мне кажется, показывает, что все рассмотренные выше события, отраженные в архивных документах и свидетельстве Иностранцева, могли произойти и действительно произошли в течение одного дня: ведь *начало* открытия (см. фотокопию II и III) и его *завершение* (см. фотокопию V) датированы одним и тем же числом 17 февраля 1869 г.

Рассказ профессора Иностранцева положил начало своеобразной, глубоко ошибочной легенде, гласившей, будто свое открытие Дм. Ив. сделал во сне. Эта легенда очень импонировала идеалисту И. И. Лапшину, поскольку она открывала возможность для различного рода спекуляций на счет интуитивной, подсознательной деятельности, будто бы определяющей конечный результат научного творчества.

Позднее эта легенда была повторена некоторыми химиками, историками химии и философами и проникла даже в популярную литературу [доп. 46]. Но так как возникает вопрос, какова могла быть работа мысли Дм. Ив. во время его сна, после составления полной черновой таблицы элементов, то попытаюсь на него ответить.

Когда Дм. Ив., переутомленный до предела, прилег отдохнуть и заснул, то и во сне его взбудораженная творческой деятельностью мысль вполне могла продолжать все ту же напряженную работу и как бы по инерции довести до конца то, что он не успел, но собирался сделать до этого.

Весьма возможно, что еще перед тем, как лечь отдохнуть,

Дм. Ив. уже обратил внимание на некоторую нестройность получившейся у него системы. В самом деле: первый ее столбец, как он окончательно сформировался в черновой таблице (см. фотокопию IV), начинался с $Li=7$, и если двигаться по системе сверху вниз, то заканчивался он $H=1$, второй столбец начинался с $Na=23$ и заканчивался $Be=9,4$, третий начинался с $In=75,6$ и заканчивался $Mg=24$ и т. д.

Последовательность в изменении атомных весов, пусть даже в порядке их убывания, как это имеет место в данном случае, здесь была представлена далеко не так ясно. Более того, получалось впечатление, что в этой последовательности имеются резкие перерывы. после $H=1$ идет $Na=23$, после $Be=9,4$ идет $In=75,6$ и т. д. Между тем таблица элементов в ее окончательном виде должна была, по мысли Дм. Ив., показать, что общий, единый ряд элементов, расположенных в порядке величины их атомных весов, разделен на отдельные отрезки, которые поставлены, подобно столбцам, один вплотную к другому, рядом с другим. Составленная же вчерне таблица отнюдь еще не произвела такого впечатления.

Однако, чрезвычайно устав, Дм. Ив., даже если и заметил это, вполне мог отложить дальнейшую доделку составленной им таблицы на некоторое время, чтобы заняться этим после отдыха. В таком случае во сне его творческая мысль была направлена не на поиски не известного еще закона, а на отыскание более удобного выражения для уже найденного закона.

В связи с этим можно предположить, что именно мог увидеть Дм. Ив. во сне, поскольку, проснувшись, он переписал свою черновую таблицу в обратном порядке. Благодаря этому первый столбец начинался теперь с $H=1$ и заканчивался $Li=7$ (см. фотокопию V), второй столбец, как прямое продолжение первого, начинался теперь с $Be=9,4$, который непосредственно примыкал к $Li=7$, и заканчивался $Na=23$, третий столбец, составивший также прямое продолжение второго, начинался с $Mg=24$, который непосредственно примыкал к $Na=23$, и т. д.

Это и было расположение элементов, «как нужно», т. е. в последовательности изменения их атомных весов.

Итак, допуская возможность работы творческой мысли Дм. Ив. во время сна, следует подчеркнуть сугубо ограниченный характер того, что было достигнуто Дм. Ив. в сонном состоянии

2. Что было открыто сначала? (Закон или система?)

Еще до недавнего времени существовала неясность относительно того, в какой последовательности шло у Дм. Ив. одно за другим — составление системы элементов и открытие перио-

дического закона; некоторые авторы допускали, что Дм. Ив. *сначала* открыл периодический закон, а *после этого* на его основе стал строить свою периодическую систему элементов.

Такая версия идет, в частности, от сына великого химика — Ивана Дмитриевича Менделеева (1883—1936). Она изложена в его неопубликованных мемуарах, озаглавленных «Воспоминания об отце — Д. И. Менделееве». С. А. Погодин напечатал некоторые выдержки из этих «Воспоминаний».

Вот что, по словам И. Д. Менделеева, рассказал ему его отец (приводим лишь то, что относится непосредственно к открытию периодического закона). Дм. Ив. будто бы говорил ему:

«Я был с самого начала глубоко убежден в том, что самое основное свойство атомов, атомный вес или масса атома, должно определять основные свойства каждого элемента... Приступив к составлению «Основ химии», мне удалось вернуться, наконец, вновь к самому сердцу вопроса. В короткое время я пересмотрел массу источников, сопоставляя огромный материал. Мне надо было, однако, совершить большое усилие, чтобы в имевшихся сведениях отделить главное от второстепенного, решиться изменить ряд общепризнанных атомных весов, отступить от того, что было признано лучшими тогда авторитетами. Сопоставив все, я с неотразимой ясностью увидел периодический закон и получил полное внутреннее убеждение, что он отвечает глубочайшей природе вещей. В его освещении передо мной раскрылись целые новые области науки. Я в него внутренне поверил той верою, которую я считаю необходимой для каждого плодотворного дела. Когда я окончательно стал оформлять мою классификацию элементов, я написал на отдельных карточках каждый элемент и его соединения и затем, расположив их в порядке групп и рядов, получил первую наглядную таблицу периодического закона. Но это был лишь заключительный аккорд, итог всего предыдущего труда» [13а, 37—38].

Таким образом, версия сына Дм. Ив. сводилась к утверждению, что *сначала* Дм. Ив. открыл периодический закон и внутренне уверовал в него глубокой верой, а *затем* воплотил его в систему элементов при окончательном оформлении своей классификации элементов с помощью раскладывания упомянутых карточек. В действительности же дело обстояло иначе, о чем и свидетельствуют новые архивные материалы.

Возможно, что И. Д. Менделеев, не будучи химиком, передал неправильно то, что он действительно слышал от отца, а потому последовательность событий в его изложении оказалась иной, чем та, о которой можно составить представление на основании архивных документов.

Прежде всего маловероятно, что Д. И. Менделееву еще до открытия периодического закона могла прийти мысль об изменении атомных весов, эмпирически установленных для отдельных элементов. Эта мысль, по-видимому, возникла впервые лишь в процессе составления первоначального черновика таблицы, следовательно, в процессе самого открытия периодического закона; позднее она получила полное развитие на основании раскрытия связи между атомными весами и максимальной валентностью элементов по кислороду.

В полном же черновике (см. фотокопию IV) серьезное, оправдавшееся впоследствии исправление атомного веса в соответствии с периодической системой элементов сделано по сути дела только для Be (с 14 на 9,4); остальные же атомные веса в этой таблице не расходятся с общепринятыми в то время.

Далее необходимо учесть свидетельство самого Дм. Ив. в «Основах химии» о том, что на заключительном этапе своего открытия он воспользовался карточками, на которых были написаны данные об отдельных элементах. Эти карточки элементов Дм. Ив. подбирал особым образом (который мы именуем «пасьянсом»), и это быстро привело его к тому заключению, что свойства элементов стоят в периодической зависимости от их атомного веса, причем, сомневаясь во многих неясностях, он «ни на минуту не сомневался в общности сделанного вывода, т. к. случайности допустить было невозможно» [1, 619].

Таким образом, карточки были нужны Дм. Ив. именно для выявления тогда еще не известной ему зависимости между элементами, а вовсе не для окончательного оформления уже якобы открытой закономерности. А главное, о чем свидетельствуют и полная черновая таблица (фотокопия IV), и лично Дм. Ив., это то, что карточки с написанными на них элементами как раз и были введены в поисках доказательства, что все элементы (а не только некоторая их часть) подчиняются определенной закономерности. При помощи карточек Дм. Ив. стремился доказать *общность* открываемой зависимости и тем самым доказать, что эта зависимость носит характер подлинного, т. е. объективного, закона природы, который «исключений не терпит» [1, 617].

Из приведенных высказываний Дм. Ив. ясно следует, что до написания и раскладывания карточек элементов периодический закон еще не был открыт и что к его открытию быстро привело именно раскладывание карточек элементов. Другими словами, до составления черновой таблицы, изображенной на фотокопии IV, где фиксировались отдельные стадии «пасьянса», т. е. раскладывания карточек, периодический закон как общий закон природы еще не был открыт. Тем более он не был открыт на более ранней стадии, когда были составлены лишь две неполные таблички элементов (см. фотокопию III),

ибо даже во вторую (нижнюю) из этих табличек вошли всего лишь две трети всех элементов; поэтому общность предчувствуемой и уже почти нащупанной зависимости не была тогда еще доказана, а значит, сама эта зависимость не была еще раскрыта как закон природы.

Заметки, сделанные на письме Ходнева (17 февраля 1869 г.), свидетельствуют о том, что в этот момент периодический закон еще не был открыт; иначе не было бы, как мне кажется, никакого смысла делать те сопоставления, которые имеются на обороте этого письма (см. фотокопию II). В тот момент Дм. Ив. только лишь еще приближался к установлению главного принципа — сравнению элементов разных групп по величине их атомных весов.

Точно так же обе неполные таблички, датированные тем же днем 17 февраля 1869 г. (см. фотокопию III), свидетельствуют о том, что к моменту их составления Дм. Ив. впервые стал нащупывать зависимость между свойствами и атомным весом элементов и начал выявлять, что эта зависимость носит, по-видимому, периодический характер.

Общность же открываемой зависимости, ее всеохватывающий характер, ставящий ее в ранг законов природы, не терпящих исключения, были выявлены лишь тогда, когда оказалось, что все элементы могут быть включены в образованную только что систему, а это имело место лишь в полной черновой таблице, переписанной затем набело и имеющей ту же дату 17 февраля 1869 г. (см. фотокопии IV и V).

Таким образом, в действительности открытие периодического закона и создание системы представляют собою две взаимообусловленные, неразрывно связанные стороны, или моменты, единого, нераздельного творческого процесса.

В самом деле: по мере того как Дм. Ив. все полнее охватывал элементы строящейся системы элементов, все яснее обнаруживалось, что в основе этой формирующейся системы лежит какая-то общая закономерность и что эта закономерность носит характер периодической зависимости.

И обратно: по мере того как все яснее выявлялся закон, лежащий в основе еще формирующейся системы элементов, так Дм. Ив. в ходе достройки незавершенной системы все строже проводил принцип зависимости свойств от атомного веса элементов (например, произвел изменение атомного веса Be с 14 на 9,4).

Вот почему неправильна самая постановка вопроса: что было открыто раньше — система или закон? То и другое было открыто одновременно, одно через другое и одно благодаря другому.

Если периодический закон рассматривать как сущность, как *содержание* изучаемых взаимосвязей между элементами,

а периодическую систему элементов — как *форму* его выражения или проявления, то в данном случае дело обстояло так: через форму своего проявления познавался и периодический закон, т. е. раскрывалась сущность, или содержание, взаимозависимости между всеми элементами.

В свою очередь проникновение в сущность данной зависимости способствовало приданию более строгого вида и форме ее проявления, иначе говоря, приданию более строгого вида периодической системе.

Можно сказать так, что и в этом смысле рассматриваемое открытие протекало диалектически, раскрывая глубокую органическую связь между содержанием и формой, между законом и соответствующей ему системой элементов.

Несмотря на явную несостоятельность гипотезы раздельного открытия периодического закона и составления периодической системы, эта гипотеза до сих пор еще имеет своих сторонников [доп. 47].

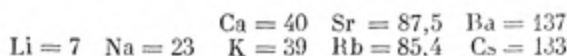
3. Как сопоставлялись элементы?

(Группами или в общем ряду?)

Вопрос о том, как шло открытие периодического закона и создание периодической системы элементов, имеет еще и другую сторону. Этот вопрос касается методики или, если можно так выразиться, «техники» включения элементов одного за другим в еще только что образующуюся систему.

Включались ли элементы в один общий ряд в последовательности величин их атомных весов? Например, $H=1$, за ним $Li=7$, потом $Be=9,4$, затем $B=11$, $N=14$, $O=16$, $F=19$, $Na=23$, $Mg=24$ и т. д.

Или же они включались целыми группами, которые подписывались одна под другой или над другой? Например:



и т. д.

Подавляющее большинство химиков и историков химии, занимавшихся историей открытия периодического закона, склонялись к первой версии. Казалось бы, эту версию высказал сам Дм. Ив. В своей первой статье о периодическом законе он писал, что «первая проба» состояла в том, что он, Дм. Ив., расположил самые легкие элементы (от $Li=7$ до $V=51$) по порядку величин их атомных весов и получил три первых ряда элементов: такой же ряд получился и для более тяжелых элементов (от $Ag=108$ до $J=127$).

Далее, сопоставив все полученные ряды между собой, Дм. Ив. пришел к выводу:

«Оказывается, что Li, Na, K, Ag так же относятся друг к другу, как C, Si, Ti, Sn, или как N, P, V, Sb и т. д.» [2, 8]. Отсюда, по словам Дм. Ив., и родилась идея о периодической системе элементов.

В главе IV, специально посвященной первой статье Дм. Ив. о периодическом законе, мы уже останавливались на этом вопросе. Сейчас же нам хочется отметить лишь то, что сам Дм. Ив. дал повод к той версии, которую мы разбираем сейчас. Ибо из приведенного высказывания Дм. Ив. как будто следует, что «первая проба», проведенная им, состояла в расположении легких, а затем и тяжелых элементов один за другим в общий ряд «в порядке арифметической последовательности величины их пая» [2, 8], т. е. их атомного веса.

Однако из дальнейших рассуждений Дм. Ив. вытекает нечто совершенно иное, о чем будет сказано ниже.

Версия о том, что Дм. Ив. сначала составил общий ряд элементов по величине их атомных весов, а затем подразделил его на периоды и подписал один период под другим, получила поддержку еще и с другой стороны.

Известен рассказ, переданный опять-таки со слов самого Дм. Ив. его близким другом — выдающимся чешским химиком Б. Ф. Браунером (1855—1935). Этот рассказ был опубликован в 1907 г., после смерти Дм. Ив.¹ В 1930 г. он был перепечатан в сборнике трудов чехословацких химиков². Во время второй мировой войны этот рассказ привел Джеральд Друс в написанной им биографии Браунера³.

По словам Браунера, Дм. Ив. рассказал ему о том, каким образом составление учебника по химии («Основ химии») помогло открыть и сформулировать периодический закон.

«Когда я начал писать мой учебник, — говорил Дм. Ив. Браунеру, — я чувствовал, что необходима система, которая позволила бы мне распределить химические элементы. Я нашел, что все существующие системы являются искусственными, а потому непригодны для моей цели; я же добивался установления естественной системы. С этой целью я написал на маленьких кусочках картона знаки элементов и их атомные веса, после чего я начал группировать их различными способами соответственно их сходству. Но этот способ не удовлетворял меня до тех пор, пока я не расположил картонки одну после другой со-

¹ «Pokroková Revue», 1907.

² «Collection of Czechoslovak Chemical Communications» 2, Prague 1930, 225.

³ Gerald Druce, Two Czech Chemists, London 1944, p. 14—15.

ответственно возрастанию атомных весов. Когда я расположил в таблице первый ряд:

H = 1, Li = 7, Be = 9, B = 11, C = 12, N = 14, O = 16, F = 19,

я обнаружил, что следующие элементы могут образовать второй ряд под первым, но начинающийся под литием. Далее я нашел, что в этом новом ряду

Na = 23, Mg = 24, Al = 27, Si = 28, P = 31, S = 32, Cl = 35,5

у натрия повторяется каждое свойство лития, то же происходит у следующих элементов. Такое же повторение встречается в третьем ряду, после определенного периода, и продолжается во всех рядах».

Таков рассказ Дм. Ив., переданный с его слов Б. Ф. Браунером.

В пояснение и развитие этого рассказа Браунер писал, что Дм. Ив. «расположил сходные элементы в группы и соответственно возрастанию атомных весов в ряды, в которых свойства и характер элементов изменялись постепенно, как это видно выше. На левой стороне его таблицы стали «электроположительные», на правой «электроотрицательные». Он провозгласил свой закон в следующих словах...» (далее приводится формулировка периодического закона, данная Дм. Ив.).

В этом рассказе правильно то, что периодический закон Дм. Ив. мог открыть и сформулировать только тогда, когда определились по крайней мере три столбца в таблице, изображенной на фотокопии IV.

H = 1							Li = 7
Be = 9,4	B = 11	C = 12	N = 14	O = 16	F = 19	Na = 23	
Mg = 24	Al = 27,4	Si = 28	P = 31	S = 32	Cl = 35,5	K = 39.	

Только тогда, когда эти три ряда (или столбца) образовались, можно было установить, что «элементы, расположенные по величине их атомного веса, представляют явственную *периодичность* свойств» [2, 15], т. е. «что существует как бы период свойств простых тел, и даже по атомности элементы следуют друг за другом в порядке арифметической последовательности величины их пая...» [2, 8].

От переноса лития в начало второй строки, а натрия — в начало третьей строки существо дела не меняется.

Но, чтобы составить указанные ряды, Дм. Ив. предварительно надо было разместить в них такие элементы, как H, Be, B, Al, кроме того, конечно, ему пришлось размещать многие другие элементы, которые не нашли сразу своего места в системе, как это показывает полный черновой вариант его системы (см. фотокопию IV).

Разместил же Дм. Ив. эти элементы в своей системе, как показывает тот же черновик, не прибегая к расположению элементов в один ряд, по возрастанию их атомных весов, а продолжая распределять их по группам: например, он включил Ве в группу магния, Н — в группу меди, образовал для В и Al новую группу и т. д.

Только *после этого* стало возможным расположить все элементы в один ряд, по возрастанию их атомных весов, что позволило обнаружить периодическое изменение их свойств и на основании этого дать развернутую формулировку периодического закона.

Таким образом, рассказ Б. Ф. Браунера, переданный им со слов Дм. Ив., касается не всего открытия в целом и не всей истории создания периодической системы элементов, а лишь заключительного этапа этого открытия, когда на основании уже созданной системы Дм. Ив. смог сформулировать лежащий в основе этой системы периодический закон.

Короче говоря, переданный Браунером рассказ касается не истории составления системы элементов, а истории формулировки периодического закона на основании уже созданной системы.

В связи с этим следует уточнить некоторые существенные моменты в рассказе Браунера. Один из них касается того, будто способ группировки элементов по их сходству (и, очевидно, по их атомным весам) не удовлетворял Дм. Ив. до тех пор, пока он не расположил элементы в один ряд, согласно возрастанию их атомных весов.

Полный же черновик таблицы неоспоримо доказывает, что именно благодаря расположению элементов по их сходству и по их атомным весам Дм. Ив. пришел к созданию своей системы, а значит, и к открытию периодического закона.

Расположить все элементы в один ряд по величине их атомного веса было нетрудно, но лишь *после того* как была составлена полная таблица элементов, воспроизведенная на фотокопии IV. Для этого нужно было только одно: переписать все элементы, вошедшие в эту таблицу, подряд, один за другим, в последовательности значений их атомных весов.

Но *до* составления этой таблицы расположение элементов в один общий ряд по величине атомных весов ничего не дало бы, так как атомные веса у многих элементов были установлены неправильно. Уже одно помещение $\text{Be}=14$ около азота и $\text{Ca}=20$ между натрием и фтором исключало возможность обнаружить периодичность в изменении химических свойств элементов, расположенных согласно возрастанию их атомных весов.

Поэтому Дм. Ив. никак не мог бы сказать, что расположение карточек в соответствии со свойствами (и атомным весом) элементов его не удовлетворяло.

Это подтверждается и свидетельством самого Дм. Ив., гласящим, что к открытию периодической зависимости он пришел сразу после того, как стал подбирать «сходные элементы и близкие атомные веса» [1, 619], и это убедительно подтверждается именно черновой таблицей (см фотокопию IV). Далее. По Браунеру фактически получается так, будто Дм. Ив. сначала расположил все элементы в один ряд, а уже после этого, подставляя один период под другим, образовал из сходных элементов вертикальные группы.

В действительности же, как это опять же доказывает фотокопия IV, Дм. Ив. исходил из имеющихся уже групп элементов и располагал эти группы одну под другой, в соответствии с уменьшением атомных весов, в результате чего пришел к составлению столбцов, представляющих собой периоды элементов.

Доказательством этого служит свидетельство и самого Дм. Ив. Поместив в первую статью о периодическом законе свои «Опыт системы элементов» (см фотокопию XI, табл 34), Дм. Ив. писал

«Убедясь предыдущую таблицею в том, что атомный вес элементов может служить опорою их системы, я первоначально расположил элементы в непрерывном порядке по величине атомного веса и тотчас заметил, что существуют некоторые перерывы в ряду таким образом поставленных элементов. Так напр., начиная от $H=1$ до $Na=23$, существует по крайней мере восемь элементов, почти такое же количество элементов нашлось между теми, которые имеют атомный вес от 23 до 56, от 63 до 90, от 100 до 140, от 180 до 210...» [2, 11—12].

Из этих слов совершенно ясно следует, что выделение в системе периодов, разделенных между собой «перерывами», появилось у Дм. Ив. уже после составления таблицы, когда элементы, расположенные уже ранее в таблицу, были затем как бы «вытянуты» в один вертикальный ряд, при подстановке одного столбца под другим.

Наконец, нельзя согласиться и с тем, что уже с самого начала Дм. Ив. в своей таблице поместил щелочные металлы и галоиды по краям системы, а не в ее середине. Это он сделал лишь в октябре 1869 г., когда стал располагать элементы по значению их максимальной валентности по кислороду [2, 33].

В феврале же и марте 1869 г. он располагал обе названные группы не по краям, а в центре системы, видя суть своей системы именно в сопоставлении (по атомным весам) несходных элементов.

Резюмируя сказанное выше, можно дать, как нам кажется, достаточно определенный и обоснованный ответ на вопрос: был ли составлен сначала общий единый ряд элементов, расположенных по возрастанию атомных весов, с последующим подразделением этого общего ряда на отдельные периоды?

Или же вначале сопоставлялись только отдельные группы элементов?

Анализ новых архивных материалов, особенно трех таблиц элементов, изображенных на фотокопиях III и IV, и пометок на письме Ходнева (фотокопия II), равно как и более глубокое изучение высказываний самого Дм. Ив., приводит к следующему весьма обоснованному выводу:

открывая периодический закон в процессе создания периодической системы элементов, Дм. Ив. сопоставлял элементы группами, которые он подписывал одну под другой.

Так, например, в своей первой статье (о чем подробнее говорится ниже) Дм. Ив. указывал, что к открытию периодической зависимости ведет «сопоставление известных поныне групп простых тел по весу их атома...» [2, 9]. При этом он приводит табличку, в которой подписаны одна под другой шесть групп в порядке убывания атомных весов их членов: щелочноземельные металлы, щелочные металлы, галоиды, группа О, группа N и группа С.

Два года спустя, в марте 1871 г., Дм. Ив. снова указал, что путь открытия периодического закона состоял в сопоставлении между собой целых групп, но отнюдь не отдельных элементов в пределах единого общего ряда. В статье «К вопросу о системе элементов» Дм. Ив. писал:

«За немногими исключениями я принял те же группы аналогичных элементов, что и мои предшественники, но поставил целью изучить закономерности во взаимоотношении групп. Тем самым я пришел к вышеупомянутому общему принципу, который приложим ко всем элементам и охватывает многие прежде высказанные аналогии, но допускает еще и такие следствия, которые раньше были невозможны» [2, 222].

Ту же мысль Дм. Ив. вновь подчеркнул еще четыре месяца спустя в своей обобщающей статье «Периодическая законность [для] химических элементов» (июль 1871 г.) [6, 23].

Все это приводит к твердому убеждению, что Дм. Ив. пришел к своему открытию, располагая элементы не путем составления общего ряда элементов по величине их атомных весов, как гласит легенда, и даже не путем одновременного сопоставления элементов и по группам и по рядам (периодам), а путем сопоставления одних только групп (поскольку периоды вначале не были еще открыты).

Когда же число сопоставленных групп достигло семи (для элементов с атомными весами менее 40), то это привело к образованию малых, а затем и больших периодов элементов.

Поскольку же группы размещались одна под другой, то это именно их размещение привело к открытию, что вертикальные столбцы (периоды) элементов примыкают друг к

другу, образуя общий непрерывный ряд элементов, в котором периодически повторяются определенные химические свойства.

В этом, собственно говоря, и состояло открытие Дм. Ив. периодического закона.

К тому же, если бы Дм. Ив. уже заранее знал о существовании не только групп, но и периодов элементов, то ему не было бы никакой нужды прибегать к карточкам для отдельных элементов.

Против попыток установить хотя бы предположительно хронологический порядок записей, сделанных Дм. Ив. в своих черновых таблицах, и, в частности, против выдвинутого мной предположения, что Дм. Ив. заносил элементы в свои таблицы первоначально целыми группами, можно выдвинуть следующее, на первый взгляд, весьма серьезное возражение: ведь в нашем распоряжении имеются уже законченные таблицы. Когда же таблица закончена, то нельзя определить с полной уверенностью: записывалась ли она в порядке обычного письма, т. е. строками слева направо (так были расположены у Дм. Ив. группы элементов), или же — столбцами, как это делается при арифметических подсчетах, например при складывании нескольких величин (так были расположены у Дм. Ив. периоды).

Как мне кажется, вряд ли можно ждать, что в архиве Дм. Ив. будут найдены новые материалы, относящиеся к еще более раннему этапу открытия периодического закона (см. ниже [доп. 57]), в которых окажется, что Дм. Ив. составил все же сначала общий ряд элементов, расположив их по увеличению их атомных весов, и в этом общем ряду обнаружил периодическую повторяемость химических и физических свойств элементов. Во всяком случае я не вижу для этого никаких данных.

Записи на письме Ходнева, а также предшествующие записи Дм. Ив., сделанные незадолго до открытия периодического закона, отвергают приведенное выше возражение. Ход работы Дм. Ив. над «Основами химии» до 17 февраля 1869 г., а значит, и развитие его творческой мысли, приведшее его к открытию периодического закона, говорят о том, что в процессе написания своей книги Дм. Ив. приходилось прежде всего сопоставлять друг с другом группы элементов, переходить от одной группы к другой при последовательном написании отдельных глав книги.

Таков был переход от группы галоидов к группе щелочных металлов (при переходе от 1-й части книги ко 2-й ее части).

Таков был переход от группы щелочных металлов к группе щелочноземельных металлов (при переходе от глав 1 и 2 части 2-й к главам 3 и 4).

После этого оставалось только сопоставить все три группы элементов в той последовательности, в которой две первые из них были уже описаны еще до 17 февраля 1869 г.,

причем расположить элементы в обоих направлениях — и в горизонтальном ряду и в вертикальном — по величине их атомных весов; это прямо привело бы к формулировке периодического закона.

В самом деле, тогда получилась бы следующая картина, которую Дм. Ив. охарактеризовал сам несколько лет спустя (в 1877 г.) в 3-м издании «Основ химии». Здесь он писал:

«Сходные между собою галоиды дают и низшие и высшие формы соединений одни и те же. Таковы же и щелочные металлы, также щелочноземельные. Давно известно много таких групп сходных элементов... Но знакомство с ними невольно наводит на вопросы: где же причина сходства и каково отношение групп друг к другу? Без ответа на эти вопросы легко при образовании групп впасть в заблуждение, потому что все понятия о сходстве и подобии всегда будут относительны и резкости или точности не представляют» [2, 264].

Указав далее на основную мысль, заставляющую располагать все без исключения элементы по величине их атомного веса, Дм. Ив. продолжает:

«А при этом тотчас замечается повторение свойств в периодах элементов. Примеры этому мы уже знаем:

Галоиды:	F = 19;	Cl = 35,5;	Br = 80;	J = 127
Щел. метал.:	Na = 23;	K = 39;	Rb = 85;	Cs = 133
Щел.-зем. мет.:	Mg = 24;	Ca = 40;	Sr = 87;	Ba = 137

В этих трех группах видна сущность дела. Галоиды обладают атомными весами меньшими, чем щелочные металлы, а эти последние меньшими, чем щелочноземельные» [2, 265].

Дм. Ив. указывал, что, логически развивая и обобщая это замечание, легко прийти к заключению о существовании периодической повторяемости свойств элементов, расположенных в порядке величин их атомного веса, т. е. прийти к формулировке периодического закона.

Из этого рассуждения Дм. Ив. ясно видно, что речь шла у него именно о сопоставлении *групп* элементов для выяснения того, где причина их сходства и каково их отношение друг к другу.

Было естественно, что Дм. Ив. искал теоретическое оправдание и обоснование *переходов от группы к группе*, уже осуществленных или осуществляемых им на практике, т. е. при работе над «Основами химии».

Отсюда выдвижение им NaCl при переходе от органогенных элементов (H, O, N, C) к минеральным элементам, т. е. к основной части неорганической химии. Поскольку NaCl есть природное соединение Cl и Na, в котором естественным образом сопоставляются представители двух групп элементов, то

этим теоретически оправдывалось следование в «Основах химии» Na и его аналогов за Cl и его аналогами.

Трудность возникла, как мы видели, при попытке найти такое же естественное обоснование перехода от группы Na к следующей за ней группе металлов, ибо здесь теория и практика разошлись: практически, т. е. в своей книге, за группой Na Дм. Ив. наметил описать группу Ca; теоретически же получалось, что за группой Na должны следовать «переходные» металлы.

Попытка Дм. Ив. найти выход из этого затруднения, преодолеть наметившийся разрыв между теорией и практикой в создании «Основ химии» и привела его непосредственным путем к открытию периодического закона.

Заметки на письме Ходиева, как мне кажется, неоспоримо доказывают, что Дм. Ив. действительно шел вторым, а не первым путем к открытию периодического закона, т. е. таким путем, что сопоставлял сначала отдельные представители различных групп (например, Cl с K), а затем и целые группы несходных элементов по величине атомного веса (группу Na с группой Mg и Zn).

Вместе с тем эти заметки, относясь к числу вновь обнаруженных архивных материалов, опровергают, я полагаю, и то соображение, будто новые, еще не найденные ранее рукописи докажут, что Дм. Ив. пришел к своему открытию не путем сопоставления групп, а путем составления общего ряда элементов по порядку их атомного веса с последующим разрезанием его на отдельные периоды.

Таким образом, данный вопрос, остававшийся пока еще не вполне ясным, я думаю, можно считать теперь решенным. Это нашло уже отражение в ряде изданий, вышедших в свет за последнее время [доп. 48].

Однако противники этого решения пытаются отстаивать старую, уже документально опровергнутую версию открытия периодического закона [доп. 49]. При этом они не считаются и с прямыми высказываниями самого Дм. Ив., который много раз с полной отчетливостью подчеркивал, что к открытию периодического закона он пришел путем сопоставления групп элементов; с помощью такого приема он стремился сопоставить несходные между собой элементы после того, как сходные элементы были уже сопоставлены в пределах отдельных групп.

Игнорирование этого обстоятельства не только не дает возможности выяснить правильную картину протекания открытия периодического закона, но неизбежно приводит ко всякого рода ошибочным, искусственным построениям, которыми некоторые авторы стремятся заменить действительный ход данного открытия [доп. 50].

Не достигает цели и половинчатое решение вопроса, согласно которому Дм. Ив. сопоставлял между собой группы, но не целиком, а только первыми их членами [доп. 51].

Все такого рода гипотезы лишены фактической основы.

В заключение данного раздела заметим, что более полувека назад некоторые химики вполне логично высказывались в пользу того, что открытие периодического закона произошло путем сопоставления групп, как об этом неоднократно заявлял и сам Дм. Ив. Так, профессор Казанского университета Ф. М. Флавицкий в своих лекциях по химии писал, излагая «вывод периодического закона»:

«Распределение элементов по группам введено в химии давно, но между отдельными группами не было связи, пока Д. И. Менделееву не удалось найти тот общий закон, который соединил в одно целое весь ряд элементов, и тем показал общую связь их не только в отдельных группах, но и самых групп между собою»¹.

Далее автор писал:

«Прежде чем изложить принцип периодической системы, сопоставим между собой рассмотренные нами группы в их взаимном отношении по атомности, как существеннейшему признаку...

При этом сопоставлении изученные нами группы представляются в порядке замечательной последовательности... Последовательность групп по атомности, таким образом, выходит полная»².

Показав правильности в свойствах как кислородных, так и водородных соединений, автор заключил: «Такова общая связь групп по атомности»³.

Лишь после этого он обратился «к сопоставлению элементов разных групп по величинам атомных весов» в пределах отдельных периодов.

Спрашивается: почему в 1898 г., когда еще не были опубликованы материалы, касающиеся истории открытия периодического закона, Ф. М. Флавицкий мог правильно осветить путь Дм. Ив., приведший его к этому открытию, причем осветить логически ясно и просто, как это и было в самой действительности, не прибегая к надуманным конструкциям?

А затем спрашивается: почему спустя более полувека, а главное — после того как были разысканы, расшифрованы и опубликованы новые архивные материалы, полностью подтверждающие все то, о чем писал сам Дм. Ив., а вслед за ним Флавицкий,

¹ Ф. М. Флавицкий, Общая или неорганическая химия. Лекции, изд. 2, Казань 1898, стр. 413.

² Там же, стр. 413—414.

³ Там же, стр. 414.

вдруг понадобилось невероятно осложнять картину открытия придуманными *ad hoc* гипотезами? Ведь эти искусственные гипотезы не разъясняют, а только запутывают картину протекания данного открытия.

Разумеется, каждый исследователь имеет право иметь свое собственное мнение по спорному вопросу, однако необходимо это мнение обосновать, без чего невозможно убедить других в его справедливости.

Таковы легенды и рассказы о том, как был открыт Дм. Ив. периодический закон химических элементов. Все неясности, порожденные этими легендами, можно ныне считать устраненными благодаря нахождению и изучению новых материалов, относящихся к истории этого великого открытия.

Общей методологической ошибкой всех этих легенд было неправильное решение вопроса о соотношении фактов и гипотез в историческом исследовании применительно к анализу истории открытия периодического закона [доп. 52].

4. Почему неправильно включались «сомнительные» элементы? (Преднамеренно или по недосмотру?)

Нередко приходится слышать, что в «Опыте системы элементов» Дм. Ив. вообще не выдержал принципа расположения элементов по величине их атомных весов: он-де нарушил этот принцип, вклинивая в последовательный ряд элементов, расположенных по возрастающим атомным весам, «сомнительные» элементы, у которых он ставил вопросительный знак.

Возникает естественный вопрос: заметил ли это обстоятельство сам Дм. Ив. или же оно ускользнуло от его внимания?

Прежде всего выясним в чем именно заключено мнимое нарушение основного принципа, лежащего в самом фундаменте составленной Дм. Ив. системы элементов. Если мы обратимся к таблице, представленной «Опытом системы элементов», то на первый взгляд обнаружим действительно несоответствие между названным общим принципом и его нарушением при переходе от третьего столбца к четвертому и от четвертого к пятому, не говоря уже о самом последнем столбце. В чем же дело?

После того как Дм. Ив. «подключил» ряд «сомнительных» элементов к краю своей уже почти завершенной таблицы, составились следующие столбцы:

$K = 39$, $Ca = 40$, $?Er = 56$, $?Yt = 60$, $?In = 75,6$.

Вслед за тем в следующем столбце шли элементы с *меньшими* атомными весами:

$Ti = 50$, $V = 51$, $Cr = 52$ и т. д.

Точно так же после $Rb=85,4$, $Sr=87,6$ шли:

$Ce = 92$, $La = 94$, $Di = 95$, $?Th = 118$.

А после них в следующем столбце вновь шли элементы с меньшими атомными весами:

$Zr = 90$, $Nb = 94$, $Mo = 96$ и т. д.

Следовательно, между $Ca=40$ и $Ti=50$ явно вклинивались элементы с атомными весами от 56 до 75,6, а между $Sr=87$ и $Zr=90$ столь же явно вклинивались элементы с атомными весами от 92 до 118.

Однако при ближайшем рассмотрении этого случая выясняется, что никакого вклинивания здесь не происходило и что, следовательно, не было никакого нарушения основного принципа расположения элементов в порядке возрастания их атомных весов. На мой взгляд, здесь имело место не введение «сомнительных» элементов в систему, а лишь *подключение* их к ее внешнему краю в качестве таких элементов, которые еще не нашли в ней своего естественного места.

Поэтому не следует читать соответствующие столбцы так, что за $Ca=40$ *идет в системе* $Eg=56$, а за $Sr=87$ *идет* $Ce=92$, или что за $In=75,6$ *идет* $Ti=50$, а за $Th=118$ *идет* $Zr=90$.

Читать надо так: за $Ca=40$ *идет в системе* $Ti=50$, но, кроме того, требуется еще найти места для трех элементов, у которых атомные веса примыкают к указанным двум по своему эмпирически найденному значению.

Точно так же следует читать, что за $Sr=87$ *идет в системе* $Zr=90$, но, кроме того, нужно отыскать еще места для четырех элементов, у которых атомные веса примыкают к указанным двум по их эмпирически установленной величине.

В таком случае подключение «сомнительных» элементов к соответствующему краю системы должно было свидетельствовать лишь о том, что вследствие вероятной неточности определения их атомных весов Дм. Ив. еще не нашел для них места в системе.

Почему же Дм. Ив. пошел на то, чтобы часть элементов (7 из 63) просто подключить к системе, но не включать в нее органически? Ведь он мог, казалось бы, отложить определение их места в системе на некоторое время, пока для него этот вопрос не станет яснее? По сути дела, так он и поступил: подключение указанных семи элементов и означало, что вопрос об определении их места откладывается на некоторое время, до тех пор пока их атомные веса не будут определены точнее.

Для того чтобы стало яснее, как это все произошло, необходимо напомнить обстановку, в которой совершалось само открытие: Дм. Ив. спешил на поезд, его отъезд явно задерживался: на размещение 56 хорошо изученных элементов ушел целый

день; спрашивается: сколько же времени надо было еще затратить на то, чтобы найти места в системе для семи малоизученных элементов, чьи атомные веса были определены, по-видимому, неточно?

Очевидно, на это требовалось бы очень много времени; по-видимому, Дм. Ив. не мог думать, что *такую* задачу можно было бы решить в несколько дней, а возможно, даже месяцев. Поэтому, как мне кажется, становилось ясно, что размещение последних семи «сомнительных» элементов в системе необходимо будет отложить и отложить надолго. Технически это и оформилось у Дм. Ив. в виде подключения «сомнительных» элементов к периферийной части уже сложившейся системы, но без их включения в самую систему. Следовательно, это было сделано без какого бы то ни было нарушения основного принципа системы; Дм. Ив. просто оставил эти элементы за пределами системы. Поступая так, он, вероятно, уже тогда предполагал вернуться к этим элементам еще раз в скором же времени. В самом деле, при написании первой статьи о периодическом законе во второй половине февраля 1869 г. Дм. Ив. составляет новые варианты системы элементов, причем начинает их составление с того, что отделяет от самой системы элементов подключенные к ней внешним образом «сомнительные» и по существу «безместные» элементы.

Таким образом, мы можем ответить на поставленный в начале этого раздела вопрос:

во-первых, Дм. Ив. вполне сознательно поставил семь элементов на краю таблицы, так что тут не было с его стороны никакого недосмотра;

во-вторых, поскольку эти элементы не были включены в самую таблицу, но лишь подключены к ней извне, они ни в какой степени не нарушали принципа расположения элементов внутри их системы по величине атомного веса.

5. Датирование основных документов

(Как устанавливается последовательность записей?)

Для дальнейшего анализа процесса открытия Дм. Ив. периодического закона и особенно для выяснения научного метода, который Дм. Ив. применил в этом открытии, необходимо твердо убедиться в том, что нами правильно установлены даты разбираемых документов и их хронологическая последовательность. Это необходимо потому, что нам предстоит заняться в следующих главах сравнительным разбором всех фактов творческого процесса, протекавшего 17 февраля 1869 г., в их взаимной связи и последовательности.

В настоящее время разработано несколько способов установления и проверки дат составления того или иного рукописного документа, касающегося истории открытия периодического закона.

Если речь идет об одном изолированном документе, то сомнений относительно времени его написания не возникает лишь тогда, когда он сам имеет дату. Если же имеют дело с рядом документов, то, хотя на некоторых из них даты и нет, ее можно все же установить, причем иногда совершенно точно, но только путем сопоставления имеющихся на них записей с записями в других документах, даты которых известны.

Имеются различные пути для установления хронологической последовательности, в которой Дм. Ив. делал свои заметки и выкладки при открытии периодического закона и последующей его разработке. Подробно эти пути и способы изложены нами в первом общем примечании к тому I «Научного архива» Д. И. Менделеева [8, 36—42]. Это примечание так и озаглавлено: «О способе установления хронологической последовательности рукописей и таблиц» [доп. 53].

Теперь же мы рассмотрим способ определения времени составления основных документов, относящихся к 17 февраля 1869 г. (см. фотокопии II, III, IIIa, IV и V).

Обратим внимание на то, что на последнем из этих документов (см. фотокопию V) стоит та же дата открытия, как и на письме Ходнева (см. фотокопию II), а также на листке бумаги с двумя табличками элементов (см. фотокопию III).

Таким образом, по счастливой случайности сохранились совершенно точные указания на дату открытия, сделанные самим Дм. Ив. и относящиеся как к самому начальному моменту открытия (заметки на письме Ходнева и две неполные таблички), так и к самому заключительному его моменту (переписанная набело полная таблица элементов).

Тем самым в руках историков химии оказались два конца нити, показывающей, в каком направлении развивалось открытие; держа в руках оба конца этой нити, уже не трудно расположить в последовательном порядке материалы, относящиеся к промежуточным фазам открытия, а тем самым распутать и всю нить.

Зная *начальный* момент, когда открытие стало зарождаться, и зная его *заключительный* акт, которым оно завершилось, можно довольно точно и полно восстановить картину его развертывания; но для этого необходимо сопоставить соответствующим образом остальные документы:

одни из них (две неполные таблички элементов) примыкают к начальному моменту, показывая, каким образом первый намек на периодический закон становился все более определенным и вылился в первую табличную форму;

другие документы (полная черновая таблица элементов) примыкают к заключительному акту открытия; они показывают, каким образом развитие творческой мысли Дм. Ив. постепенно привело к той завершающей стадии, которая вылилась в «Опыт системы элементов».

Так были продолжены оба конца нити как бы «навстречу друг другу».

Наконец, возникла возможность довести их «до встречи» и связать непрерывным переходом от начальной фазы открытия к его заключительной фазе. Таким переходом явилось написание карточек элементов для раскладывания «химического пасьянса» и составление связанного с этим «нового списка», т. е. списка уточненных атомных весов; это было сделано сразу после окончания нижней таблички (см. фотокопию III) и непосредственно перед началом составления полной черновой таблицы элементов (см. фотокопию IV) [доп. 54].

Имеется еще один путь проверки сделанного вывода и вместе с тем проверки того, в какой момент открытия Дм. Ив. составил новый список атомных весов (см. фотокопию IIIa; табл. 21). Этот путь состоит в сравнительном анализе численных значений атомных весов, принятых для отдельных элементов, а также способа их расчета. Атомные веса элементов и их величины, принятые Дм. Ив., имеют особо важное значение для истории открытия периодического закона. Исходя из общего положения, что познание движется от незнания к знанию и от менее точного знания ко все более точному знанию, можно предположить, что в таком же порядке, как правило, Дм. Ив. устанавливал значения атомных весов.

Иначе говоря, в общем ходе своего исследования, по мере все большего приближения к открытию периодического закона Дм. Ив. шел по пути уточнения значений атомных весов, но не в обратном направлении, т. е. не от более точных к менее точным их значениям [доп. 55]. Разумеется, здесь могли быть исключения, но, как правило, развитие мысли Дм. Ив., равно как и развитие самого открытия, должно было совершаться по пути нахождения все более и более точных значений атомных весов элементов.

Исходя из этих соображений, можно, как мне кажется, дать глубокое обоснование установленной датировке тех документов (фотокопии IIIa и IV), которые сами этих дат не имеют. Вместе с тем это дает возможность установить хронологическую последовательность написания всех документов, относящихся к 17 февраля 1869 г. [доп. 56].

Следует добавить, что все сказанное выше основывается лишь на тех материалах, которые нам известны в настоящее время. В случае открытия каких-либо новых документов возможно, конечно, внесение коррективов; однако после проведе-

ния в 1949—1953 гг. тщательных исследований архивов в Москве и Ленинграде нахождение каких-либо новых, еще не известных материалов кажется мне маловероятным [доп. 57].

Наконец, мне хочется еще раз подчеркнуть большую роль М. Д. Менделеевой-Кузьминой в сохранении, розыске и расшифровке ценнейших рукописных материалов своего отца, относящихся к истории открытия периодического закона. Свою же задачу я видел в том, чтобы путем тщательной расшифровки и истолкования сохранившихся черновых таблиц элементов, составленных Дм. Ив., привести их во взаимную связь и тем самым раскрыть ход развития творческой мысли Дм. Ив. в день 17 февраля 1869 г. [доп. 58].

ОСНОВЫ ХИМИИ

Д. Менделѣва.

ПРОФЕССОРА К. СЛ. УНИВЕРСИТЕТА.



ЧАСТЬ ПЕРВАЯ,
съ 151-мъ политипажемъ.



С.-ПЕТЕРБУРГЪ.

1869.

Титульный лист 1-й части «Основ химии». Вышла в свет в марте 1869г. В предисловии к ней сказано о сделанном открытии. Последние главы этой части содержат «клеточку» позднейшего открытия

ГЛАВА VII

КАК ПРИМЕНЯЛСЯ МЕТОД НАУЧНОГО ПОЗНАНИЯ В ПРОЦЕССЕ ОТКРЫТИЯ

А. МЕТОД ВОСХОЖДЕНИЯ

(Ключ к открытию)

«Так, возвышаясь, дойдем, начавши от условных нуля и единицы, до безусловной бесконечности».

(Д. И. Менделеев, Об единице.)

Научное открытие такого масштаба, как открытие периодического закона, не могло бы совершиться в столь краткий срок, если бы его автор не владел в совершенстве подлинно научным методом познания, методом научного исследования явлений природы. Не будучи вооруженным таким методом, исследователь легко мог запутаться в лабиринте огромнейшей массы самых различных, еще не связанных между собой и нередко, на первый взгляд, противоречащих друг другу фактов

Далее я попытаюсь выяснить научный метод, которым пользовался Дм. Ив. во время подготовки своего открытия и особенно в момент его протекания 17 февраля 1869 г., а также в ходе дальнейшей его разработки.

Для того чтобы ответить на этот общий методологический вопрос, необходимо детально проанализировать:

1) характеристику метода научного познания, научного исследования, которую дал Дм. Ив. применительно к химии;

2) общий ход открытия, представлявший собой с логической точки зрения движение от низшего (исходной «клеточки» всего открытия, его зародыша) к высшему, относительно завершенному — «Опыту системы элементов» (в соответствии с этим метод, примененный Дм. Ив., характеризуется мною как метод *восхождения*);

3) различные формы и различные познавательные приемы обобщения, дававшего возможность отыскать общий закон (в соответствии с этим метод, примененный Дм. Ив., характеризуется мною как метод *обобщения*);

4) познавательные приемы, при помощи которых раскрывались многосторонние связи и отношения между химическими элементами, составляющие основу для естественной систематизации (в соответствии с этим метод, примененный Дм. Ив., характеризуется мною как метод *сравнительный*, или исторический).

Для выяснения этих различных сторон поставленного выше общего вопроса я буду прибегать не только к материалам, касающимся дня открытия периодического закона, но и к другим материалам Дм. Ив., так или иначе связанным с этим открытием. Другими словами, я буду характеризовать метод, примененный Дм. Ив. 17 февраля, как общий научный метод великого химика.

В данной главе я рассмотрю первые два вопроса.

1. Менделеев о методе научного познания

Дм. Ив. не был ученым, который ограничивается лишь одной узкой областью исследования и не занимается другими областями науки, не говоря уже о широких вопросах философского порядка. «Основы химии» — это не только специальное произведение по химии, но вместе с тем глубоко философский труд.

Надо иметь при этом в виду, что философские вопросы, в том числе и вопросы научного метода, Дм. Ив. ставил не как нечто самостоятельное, самодовлеющее, а в их неразрывной связи с коренными вопросами химии и всего естествознания. Поэтому он излагал их всегда конкретно и творчески, без всякого ухода в сферу чисто умозрительных построений.

Как уже отмечалось выше, Дм. Ив. открыл периодический закон при обработке «Основ химии», в особенности 2-й их части. Поэтому представляет особый интерес выяснить, как он ставил соответствующие вопросы в этой книге, освещая методологическую сторону сделанного им открытия.

Спустя два года после открытия периодического закона, в начале 1871 г., Дм. Ив. следующим образом характеризовал то, что он называл «химическим мирозерцанием».

«Это мирозерцание составляется не только из одного знания главных данных науки, не только из совокупности общепринятых, более точных выводов, но и из ряда гипотез, объясняющих или выражающих еще не точно известные отношения и явления» [4, 903—904].

Характеризуя «метод обладания наукой», Дм. Ив. далее писал:

«Одно собрание фактов, даже и очень обширное, одно накопление их, даже и бескорыстное, даже и знание общепринятых начал не дадут еще метода обладания наукою, и они не дают еще ни ручательства за дальнейшие успехи, ни даже права на имя науки, в высшем смысле этого слова. Знание науки требует не только материала, но и плана, и оно воздвигается трудом, необходимым как для заготовки материала, так и для кладки его и для выработки самого плана. Научное мирозер-

дание и составляет план — тип научного здания. Притом, пока нет плана, — нет и возможности узнать многое, и из того, что уже было кому-либо известно, что уже сложено. Многие факты химии, не нанесенные на ее план, часто открывались не раз, а два, три и более раз. В лабиринте известных фактов легко потеряться без плана... Без материала — план есть или воздушный замок, или только возможность, материал без плана есть или груда, сложенная, может быть, так далеко от места стройки, что ее перевозить не будет стоить труда, или опять только одна возможность; вся суть — в совокупности материала с планом и выполнением» [4, 904].

«Метод обладания наукой» и есть метод научного познания, т. е. достижения истины. Основу его составляет наблюдение («смотря») и эксперимент («пробуя») с последующим теоретическим обобщением. Характеризуя этот метод в последнем прижизненном издании того же своего главного труда, Дм. Ив. писал по поводу истории открытия периодического закона:

«Искать же чего-либо — хотя бы грибов, или какую-либо зависимость — нельзя иначе, как смотря и пробуя» [1, 619]. Такой именно метод, по характеристике самого Дм. Ив., и был применен им при раскладывании карточек элементов (т. е. при «пасьянсе»).

Обобщая свою характеристику метода научного познания, в том числе учитывая методологическую сторону истории открытия периодического закона, Дм. Ив. писал в том же издании «Основ химии»:

«Изучать в научном смысле — значит: а) не только добросовестно изображать или просто описывать, но и узнавать отношение изучаемого к тому, что известно или из опыта и сознания обычной жизненной обстановки, или из предшествующего изучения, то-есть определять и выражать качество неизвестного при помощи известного; б) измерять все то, что может, подлежать измерению, показывать численное отношение изучаемого к известному, к категориям времени и пространства, к температуре, массе и т. п.; в) определять место изучаемого в системе известного, пользуясь как качественными, так и количественными сведениями; г) находить по измерениям эмпирическую (опытную, видимую) зависимость (функцию, «закон», как говорят иногда) переменных величин, например, состава от свойств, температуры от времени, свойств от массы (веса) и т. п.; д) составлять гипотезы или предположения о причинной связи между изучаемым и его отношением к известному или к категориям времени, пространства и т. п.; е) проверять логические следствия гипотез опытом и ж) составлять теорию изучаемого, то-есть выводить изучаемое, как прямое следствие известного и тех условий, среди которых оно существует» [1, 405].

Далее, продолжая характеризовать научный метод, Дм. Ив. писал:

«Наблюдая, изображая и описывая видимое и подлежащее прямому наблюдению — при помощи органов чувств, мы можем, при изучении, надеяться, что сперва явятся гипотезы, а потом и теории того, что ныне приходится положить в основу изучаемого... Идя таким индуктивным путем, *точные науки* уже успели узнать с несомненностью многое из мира невидимого, прямо не ощущаемого органами (напр., частичное движение у всех тел, состав небесных светил, пути их движения, необходимость существования веществ, по опыту еще неизвестных и т. п.), узнанное успели проверить и им воспользовались для увеличения средств человеческой жизни, а потому существует уверенность в том, что *индуктивный путь изучения* составляет способ познания более усовершенствованный, чем тот один дедуктивный путь (от немногoго допущенного, как несомненное, ко всему многoму видимому и наблюдаемому), которым древняя мысль хотела охватить мир. Изучая мир путем индукции (от многoго наблюдаемого к немногoму проверенному и несомненному, подвергаемому уже затем дедуктивной обработке), наука отказалась прямо познать *истину* саму по себе, а чрез *правду* старается и успевает медленным и трудным путем изучения доходить до истинных выводов, границы которым не видно ни в природе внешней, ни во внутреннем сознании» [1, 405].

Заметим попутно, что в нашей литературе высказывалось мнение, будто Дм. Ив. был приверженцем односторонне толкуемого индуктивного метода. Приведенные его высказывания опровергают такое мнение. Индукцию в ее правильном понимании Дм. Ив. не противопоставляет дедукции, а фактически рассматривает в единстве с нею. Это понимание обоих обычно в формальной логике противопоставляемых друг другу способов, или приемов, мышления мы будем еще не раз отмечать в дальнейшем, при анализе развития творческой мысли Дм. Ив. в момент совершения открытия и после него.

Необходимость выработки и применения определенного метода научного познания связана с тем, что в ходе научного исследования ученому приходится переходить от непосредственно наблюдаемых, воспринимаемых прямо нашими чувствами явлений к раскрытию их сущности, которая уже не обладает признаками чувственно осязаемых вещей; она воспринимается только путем абстрактного мышления, т. е. с помощью совокупности определенных логических приемов, которую мы и называем обычно методом познания.

Характеризуя эту общую направленность научного познания от непосредственно чувственно данного к скрытой за обо-

лочкой явлений их сущности, Дм. Ив. писал в статье «Вещество» (1892 г.):

«Философскому же мировоззрению наиболее отвечает стремление отыскать сокрытую от глаз единую сущность» [2, 375].

Подходя с такой стороны к методу познания и обладания природой, Дм. Ив. выделял определенные ступени (или, как он выражался, «степени») в общем процессе познания, т. е. движения к раскрытию и овладению истиной. В своих дневниковых записях, сделанных вскоре после открытия периодического закона, он высказал по этому поводу весьма интересные мысли:

«Познание {и} полное облад{ание} предмет{ами} состоит из трех степеней: 1) наблюдение, констат{ирование} факта, я вижу, но не знаю, как сделать, отчего и пр. Ему соотв{етствует} описание, изучение факта. 2) Соотнош{ение} факта с некот{оры}ми другими — закон, этому соотв{етствует} измерение. 3) Теория{—} связь внутр{енняя} с цельным мирозозер{анием}... начинается гипотезой, кончается теорет{ическим} открытием новых явлений, вывод{ом} всего из одного полож{ения}. Этому соотвеств{ует} предсказание явления в совер{шенной} его точности, открытие новых небыв{алых} явлений» [8, 623].

Такое движение познания как раз и совершилось у самого Дм. Ив. в день открытия периодического закона: отправляясь от известных фактов, производя их сопоставление друг с другом, Дм. Ив. стремился проникнуть и проник в «сокрытую от глаз единую сущность» — внутренний закон химических элементов.

Метод восхождения отвечает движению познания от непосредственно данного, исходного, к раскрываемому лишь опосредствованно, при помощи абстрактного мышления.

Следовательно, метод восхождения в самой общей форме выражает то обстоятельство, что развитие мысли в ходе научного познания, как и всякое развитие, совершается не хаотически, не случайным образом, а в определенном направлении, строго последовательно. Иначе оно не было бы *развитием*. Как же его можно охарактеризовать более конкретно?

Как и всякое поступательное развитие — а только такое мы здесь и рассматриваем — развитие творческой мысли совершается от простого к сложному, от низшего к высшему, от абстрактного (в смысле: неразвитого, недифференцированного) к конкретному (в смысле: развитому, дифференцированному). Было бы странно, если бы развитие мысли совершалось в ином направлении: например, достигнув высшей ступени познания, стало бы двигаться вспять, к пройденным уже ранее, более низким ступеням знания.

Если иметь в виду простой возврат к исходному знанию, т. е. отказ от достигнутого позднее знания, то в поступательном

развитии познания таких отказов не бывает — они были бы нелогичны, абсурдны. Но возвратные движения на новой более высокой и содержательной ступени развития мысли не только возможны, но и необходимы в силу внутренней противоречивости самого процесса познания. Такой возврат якобы к старому, уже пройденному ранее, означает по сути дела дальнейший шаг вперед; ибо это есть такое повторение пройденного, которое, совершаясь на новой, высшей основе, обогащено всем предшествующим развитием и сохраняет в себе его результат, но не отбрасывает его, как это имеет место при простом возврате к старому, при отказе от нового.

Когда мы говорим о движении познания как о восхождении от более низкой ступени знания к более высокой, то под «движением» мы понимаем расширение и углубление нашего знания данного круга явлений, которое происходит за счет того, что неизвестное становится известным, непознанное — познанным, незнание превращается в знание. Поэтому такое движение характеризуется как переход от незнания к знанию.

Отправным пунктом в этом движении является предшествующее знание: опираясь на него, подходя к неизвестному с позиций известного и изученного, мы получаем возможность накапливать новые знания, присоединяя их к уже имеющимся знаниям, обогащать эти последние путем приобретения новых знаний.

Следовательно, здесь речь идет о вполне закономерном процессе, в котором поступательное движение вперед сочетается с преемственностью между старым и новым знанием, с непрерывностью всего процесса развития (эволюции) в целом.

В статье «Вещество» Дм. Ив. указывал на то, что современная наука стремится из мыслей, выдвинутых еще в древности, извлекать для себя пользу, сохраняя и применяя их, хотя и в иной форме. «При таком образе действия, — заключал он, — достигается неразрывность исторического развития, которая лежит в основе всякой эволюции» [2, 381].

То, что касается всего исторического развития, относится и к развитию индивидуального познания, в том числе и научного творчества. «...В мире идей, совершенно так же, как в материальном, «из ничего ничто не может создаваться»...», — писал Дм. Ив. в 1880 г. в заметке «К истории периодического закона» [2, 288].

Когда речь заходит о движении от низшего (недифференцированного, неразвитого) к высшему (дифференцированному, развитому), то низшее выступает в виде некоторых простых элементов или своего рода единиц, служащих отправными пунктами для дальнейшего развития. В статье «Об единице» (1877 г.) Дм. Ив. писал:

«...мы выросли на понятии об единице, учимся считать с единиц, даже думаем единицами» [5а, 241—242].

Продолжая развивать эту мысль, Дм. Ив. сравнивает понятие единицы с представлением об атоме или же о «микроскопической клетке в целом организме». Он пишет:

«Так, возвышаясь, дойдем, начавши от условных нуля и единицы, до безусловной бесконечности. Путь мысли той так же — ни больше, ни меньше — ясен и прост, неизбежен и полезен, как и тот путь идеи, по которому все видимое складывается из неделимых атомов, все живое — из клеток, как первых и простейших единиц, до которых добрался современный глаз. Только самый низший организм есть единичная клетка» [5а, 244].

Как известно, К. Маркс называл «клеточкой» ту простейшую исходную форму изучаемого предмета, с которого началось развитие и которую по этой причине надо принять за исходное, отправное при изложении науки об этом предмете. Эту мысль Маркса развивает В. И. Ленин, говоря, что при изложении диалектики надо начинать с самого простого, обычного, массовидного и т. д.¹

С этими мыслями прямо перекликаются идеи Дм. Ив., хотя он и не был сознательным сторонником диалектики.

«Клеточка», о которой сейчас шла речь, будучи простейшей, исходной формой в данном процессе развития, обладает тем признаком, что в ней, как и в действительной живой клетке, заложена возможность всего дальнейшего развития от низшего к высшему, самому сложному и развитому. Следовательно, понятие «клеточки» употребляется в смысле понятия зародыша, зачаточной формы, заключающей в себе возможность возникновения в последовательном порядке всех более развитых форм данного предмета или явления. Сказанное относится и к формам мысли или ступеням научного открытия, если имеются в виду познавательные процессы и их развитие

Таковы в общих чертах были взгляды Дм. Ив. на научный метод.

Однако сейчас такая слишком общая постановка вопроса нас не может удовлетворить: ведь речь идет об определенном научном открытии — об открытии периодического закона. Поэтому необходимо конкретизировать детальнее вопрос о том, какова была «клеточка», послужившая исходным пунктом данного открытия, и как из этой «клеточки» шаг за шагом, подобно скрытой пружине, разворачивалось все открытие от его первой до последней фазы.

¹ См. В. И. Ленин, *Философские тетради*, 1947, стр. 328.

2. Исходный пункт открытия («Клеточка» научного открытия)

Для того чтобы ответить на вопрос: какой метод был применен при данном научном открытии? — необходимо выяснить конкретно: что в данном случае явилось исходным пунктом во всем открытии, его зародышем, содержащим в себе зачаток всего дальнейшего прогресса?

Подходя с этой стороны к истории открытия периодического закона, можно сделать следующие выводы: первоначально Дм. Ив. предполагал построить систематическую часть своей книги «Основы химии», исходя из принципа атомности. В 1-й части книги (в выпусках 1 и 2) именно таким образом он описал первые четыре элемента, которые, по замыслу автора, должны были бы явиться прототипом для всех остальных элементов. Это были Н, О, N и С.

Следовательно, по первоначальной наметке «клеточкой», или исходным пунктом, для всего задуманного труда должны были послужить по сути дела жераровские химические типы. Пока дело обстояло так, ничего принципиально нового, интересного мы еще не находим в планах и замыслах Дм. Ив., равно как и в том, что он уже успел изложить в соответствии с этими планами и замыслами.

Но вот к концу 1-й части «Основ химии» Дм. Ив. подходит к необходимости совершить переход от четырех органоенов, названных выше, к соединениям неорганического характера. С этой целью он останавливается на поваренной соли (NaCl). Казалось бы, что в пользу выбора именно этой, а не какой-нибудь другой соли или же кислоты или основания не было никаких особых доводов и соображений. Однако это не так.

То, что Дм. Ив. остановился именно на NaCl, имело весьма существенное, если не сказать решающее, значение не только для изложения всей книги, но и для открытия периодического закона. В самом деле, после воды — H_2O , которая была описана уже раньше, в связи с Н и О, названная соль является едва ли не самой известной, изученной, хорошо знакомой в обыденной жизни представительницей неорганических соединений.

Можно сказать, что, выбрав NaCl в качестве исходного вещества при изложении систематической части химии, Дм. Ив. выбрал нечто простое, обычное, множество раз встречающееся в практике человека. Именно такой и должна быть «клеточка» науки, с которой следует начинать изложение этой науки.

Ведь, для того чтобы осуществлять переход от известного к неизвестному, все равно, идет ли речь об изучении того, что было уже открыто, или об открытии чего-то нового, ранее не известного, необходимо, чтобы исходным, отправным в науке

пунктом служило в качестве опоры нечто твердо установленное, много раз проверенное, вполне достоверное. Такими признаками и отличались сведения о NaCl .

Но если вначале Дм. Ив. выбрал понятие о NaCl за исходный пункт только по соображениям методического порядка, в целях педагогических, то вскоре обнаружилось, что именно в познании NaCl заключен весь позднейший путь познания самого закона, лежащего в основе всех отношений химических элементов. Выходит, что выбранное за исходное в целях преподавания это понятие превратилось в исходное, в «клеточку» всего открытия, вытекавшего из работы над «Основами химии».

Это случилось так потому, что в NaCl были уже даны в их естественной связи (в прямом смысле слова — в химической связи) представители двух наиболее характерных, причем полярно-противоположных, химических элементов — Na и Cl . Отправляясь от соотношения обоих этих элементов, существующего в самой природе, Дм. Ив. нашел сразу ключ к дальнейшему развитию своей творческой мысли. Именно отсюда и вытекала необходимость — сначала эмпирически, при написании глав книги в последовательном порядке одну за другой, а затем и теоретически, в поисках обоснования принятого порядка, — сопоставить две группы наиболее несходных между собой элементов: галоидов и щелочных металлов.

Как только Дм. Ив. перешел от H , O , N и C к NaCl , затем к галоидам и далее к щелочным металлам, так тем самым жераровские типы, первоначально принятые было за «клеточку» для всего изложения, оказались на практике вытесненными новой «клеточкой» — сопоставлением групп несходных элементов. Это был залог дальнейшего успешного продвижения вперед по пути к открытию периодического закона.

Проанализируем с этой точки зрения последующее развитие всего данного открытия. «Клеточка» сама по себе еще не дает детального ответа на искомый вопрос. Ее надо как бы «раскрыть», дать развернуться заложенному в ней содержанию. Так это и происходит на следующих этапах развития творческой мысли Дм. Ив. При этом мы ясно видим, как на деле осуществляется «восхождение» от низшего к высшему, от зародыша к развернутому открытию.

Нащупав «клеточку» в виде понятия о NaCl , Дм. Ив. вслед за этим делает следующий шаг по тому же пути: он ищет ответа на два возникших перед ним вопроса:

- 1) к какой группе металлов надо переходить от группы Na ?
- 2) каким другим теоретическим соображением можно оправдать такой переход, если отказаться от принципа атомности?

Постановка этих двух вопросов и поиски ответа на них как раз и явились следующим шагом по пути развертывания скры-

того в исходной «клеточке» внутреннего ее содержания. Действительно, в NaCl сопоставлены только *два* элемента; но если признать, что такое сопоставление становится прототипом для остальных групп элементов, то нужно суметь извлечь из данного сопоставления двух элементов нечто такое, что могло бы служить общим мерилom, или приемом, для аналогичного же сопоставления всех других групп.

(Напомним, как долго Дм. Ив. не мог решить этой задачи и как сильно она его, по-видимому, волновала.) Подходя к этому вопросу с качественной стороны, следовало как будто отдать предпочтение группе щелочноземельных металлов, как наиболее близких к группе Na. Но с количественной стороны, дело обстояло иначе: пока не было найдено иного количественного признака, кроме атомности, преимущество оказывалось на стороне «переходных» металлов.

Остановившись на том, чтобы вслед за группой Na описывать щелочноземельные металлы, Дм. Ив. начал «восхождение» от «клеточки» будущего открытия уже к самому открытию. Ибо для обоснования этого выбора требовалось противопоставить принципу атомности какой-то новый количественный же принцип, согласно которому между группой Na и группой Ca не должно быть никаких «переходных», или промежуточных, металлов, как это получалось согласно принципу атомности. (Напомним, что между одноатомными и двухатомными металлами вклинивались металлы, проявляющие в своих соединениях оба значения атомности, например, Cu и Hg).

Принятие атомного веса за основу для сближения групп несходных элементов явилось непосредственным ключом к открытию периодического закона. И все же этот ключ в неявном виде был уже дан в исходной «клеточке», поскольку ее анализ неизбежно подводил к необходимости найти обоснование для сопоставления разных групп несходных элементов.

Двигаясь от низшего к высшему, Дм. Ив. совершает такое «восхождение» тогда, когда начинает разматывать, как моток, то, что было заключено в исходном пункте всего исследования. Это прекрасно можно показать на первых записях, сделанных утром 17 февраля 1869 г. на письме Ходнева: здесь в первых же двух строчках сопоставлены K и Cl.

K — представитель тех же щелочных металлов, как и Na, *но его атомный вес непосредственно примыкает к атомному весу Cl.*

K	Cl
39	35,5

Таким образом, первая запись, сделанная на письме Ходнева, явилась существенным шагом вперед, ибо давала возможность дополнить качественную сторону сближения двух

групп обоснованием количественного порядка — близостью значений атомных весов.

От приведенного только что сопоставления оставался лишь один шаг к аналогичному же сопоставлению между $K=39$ и $Ca=40$, т. е. к искомому решению задачи. Правда, этот шаг потребовал дополнительного исследования. Но путь к этому исследованию был уже открыт приведенным выше сопоставлением K с Cl .

На письме Ходнева два щелочных металла и стоящий рядом с ними H буквально окружены — и справа и снизу — щелочно-земельными металлами: под K стоит Na и H , за Na и H стоит Ba , под Na и H стоят Sr и Ca . Однако непосредственное сближение по химическому сходству и по атомному весу K с Ca произведено лишь позднее — в нижней неполной табличке. Как итог оно изложено затем в начале 4-й главы 2-й части «Основ химии», посвященной группе Ca .

Итак, на данном этапе открытия процесс его развертывания можно представить так:

а) от исходной «клеточки» ($NaCl$) в порядке раскрытия заложенного в ней противоречивого соотношения совершен переход к сопоставлению двух групп (галогидов и щелочных металлов) при изложении соответствующих глав «Основ химии» (январь — начало февраля 1869 г.);

б) в порядке дальнейшего раскрытия того же исходного соотношения намечено сопоставление группы Na с группой Ca ; начаты поиски теоретического обоснования для такого сопоставления (середина февраля 1869 г.);

в) обоснование находится при сопоставлении $Cl=35,5$ с $K=39$; отсюда уже прямо следует сопоставление $K=39$ с $Ca=40$ (утро 17 февраля 1869 г.).

Отмеченное движение в развертывании открытия на его подготовительном и самом начальном этапах представляет собой переход от рассмотрения соотношений внутри исходной «клеточки» ($NaCl$) между Na и Cl , а отсюда и между группой Na и группой Cl к рассмотрению более внешнего для нее соотношения между одной из ее сторон (Na и соответственно группой Na) и примыкающим к ней как бы извне Ca (соответственно группой Ca).

Сближение, или сопоставление, двух групп — щелочных и щелочноземельных металлов — было дальнейшим раскрытием того же внутреннего соотношения, которое было заложено в исходной «клеточке», но раскрытием его лишь с одной его стороны. Однако важно было то, что Дм. Ив. приступил к его раскрытию.

Немедленно и вполне логично вслед за этим должен был встать и действительно встал вопрос о том: нельзя ли развить

вовне и другую сторону того же соотношения, которое составляет внутреннее содержание исходной «клеточки», т. е. NaCl . Говоря иначе, нельзя ли, прежде чем изучать неизвестное, не исследованное еще соотношение между группой Na и группой Ca, рассмотреть в порядке дальнейшего развития мысли более изученные соотношения между неметаллическими группами, примыкающими к галоидам?

К такому заключению мысль Дм. Ив. была вполне подготовлена всей предыдущей своей работой. Еще в самом начале 1-й главы 2-й части «Основ химии», посвященной Na, говорилось:

«Хлор и его соединения можно выставить как образцы неметаллических, галоидных или электроотрицательных, т. е. металлоидных веществ, а натрий и его соединения будут типом металлических веществ» [4, 7].

В конце 2-й главы той же книги, заканчивая описание аналогов Na, Дм. Ив. вплотную подошел к выяснению вопроса о том, какую группу металлов надо будет излагать после группы Na. В этот самый момент он писал:

«Галоиды и щелочные металлы составляют в некотором смысле самые крайние по характеру элементы, все прочие элементы или суть металлы, приближающиеся до некоторой степени к щелочным металлам и по способности давать соли и по отсутствию водородных соединений, но они не столь энергичны, как щелочные металлы, вытесняются последними из большинства своих соединений, выделяют менее тепла, соединяясь с галоидами, и образуют основания менее энергические, чем щелочные металлы. Таковы, например, серебро, кальций, железо, медь и др. Другие элементы приближаются по характеру своих соединений к галоидам и подобно им соединяются с водородом, но в таких соединениях нет энергического свойства галоидных кислот, в отдельном виде они легко соединяются с металлами, но образуют с ними уже не столь прочные соединения, как галоиды, — словом, в них неметаллические свойства выражены менее резко, чем в галоидах. Наконец, есть еще разряд элементов, таких как углерод и азот, в которых ни металлических, ни галоидных свойств не выражено с резкостью, которые в этом отношении занимают промежуток между двумя вышеупомянутыми разрядами простых тел. Очевидно, что этот род простых тел составляет как раз переход между галоидными элементами и ясно металлическими. Кислород приближается более к характеру галоидов, углерод имеет между неметаллическими телами наименее галоидных свойств; так, его водородные соединения совершенно не обладают свойством галоидных кислот менять водород на металлы. Все это дает возможность распределить элементы между группами щелочных металлов и галоидов, и в дальнейшем из-

ложении мы познакомимся с разными группами, составляющими переход между двумя, нами описанными» [4, 95—96].

Мы привели эту большую выдержку из книги Дм. Ив., частично уже использованную ранее, потому, что она дает представление о состоянии мысли Дм. Ив. к моменту окончания работы над главой о группе Na. Сказанное позволяет заключить, что перед Дм. Ив. были открыты два пути, которые он хорошо видел:

1) Располагать в дальнейшем металлы и неметаллы так, чтобы заполнить промежуток между щелочными металлами и галоидами. В таком случае все элементы располагались бы в следующем порядке:

Na и его группа;

за нею — менее энергичные металлы — Ag, Ca, Fe, Cu и др.;

затем — элементы, переходные между щелочными металлами и галоидами, — C и N;

еще далее — O;

наконец — Cl и его группа.

Так именно следует понять выражение: «распределить элементы между группами щелочных металлов и галоидов». Но при этом пришлось бы отступить от порядка описания групп элементов, уже осуществленного в «Основах химии» к этому времени, где щелочные металлы были уже изложены непосредственно вслед за галоидами.

2) Располагать в дальнейшем элементы в порядке как бы наращивания, или наслаивания, их с обеих сторон первичного «стержня», составленного из двух сопоставленных уже групп, — Na и Cl. В таком случае порядок расположения элементов около обеих этих групп был бы следующим:

к группе Na примыкают группы Ag, Ca, Fe и др.;

к группе Cl примыкает группа O, далее идут группы N и C.

В итоге, если записать группы Na и Cl строчками, получается знакомое уже нам распределение элементов:

группа Ca (и менее энергичные металлы);

группа Na (т. е. наиболее энергичные металлы);

группа Cl (т. е. наиболее энергичные неметаллы);

группа O (и менее энергичные неметаллы).

В таком случае элементы, переходные между металлами и неметаллами, оказались бы не в центре, а по краям образовавшейся системы.

Мы видели, что Дм. Ив. избрал этот второй путь, отправляясь от того, что было уже им составлено при изложении «Основ химии». В дальнейшем же в своей первой статье о периодическом законе он рассмотрел и другие варианты системы, в том числе и такой, при которой крайне противоположные по химическому характеру элементы занимают и крайние места в систе-

ме. Ниже мы еще вернемся к этому вопросу в связи с анализом движения мысли Дм. Ив. от известного к неизвестному.

Все сказанное позволяет сделать вывод, что выбор NaCl в качестве первой неорганической соли, с тем чтобы с нее можно было начать изложение систематической части «Основ химии», был произведен исключительно верно; исторически и логически этот выбор сыграл роль «клеточки» в познавательном процессе, завершившемся открытием периодического закона: к Cl примкнула группа галоидов, а к ней — остальные неметаллы, к Na — группа щелочных металлов, а к ней — остальные металлы.

3. Общий ход развертывающегося открытия (*Восхождение от «клеточки» к развитой форме*)

Процесс развертывания открытия, начатого выкладками на письме Ходнева, можно проследить по обеим неполным табличкам и особенно по полной черновой таблице (см. фотокопию IV). При этом мы будем прослеживать то, как происходило развертывание тех соотношений, можно сказать, тех противоречий, которые были заложены в исходной форме, игравшей роль «клеточки» всего данного открытия.

Возвращаясь к тому, на чем остановился Дм. Ив., сделав первые пометки на письме Ходнева, мы можем теперь понять, каким образом возникла верхняя неполная табличка элементов.

В этой табличке Дм. Ив. реализовал дальнейший свой шаг по линии начатого уже открытия, двигаясь по-прежнему от низшего к высшему. Здесь он прежде всего сопоставил с группой Cl сначала группу O, затем — группу N и через некоторое время — группу C. Иначе говоря, он реализовал возможность, замеченную уже раньше, — подсоединить к группе Cl в последовательном порядке другие группы неметаллов — от относительно более энергичных ко все менее и менее энергичным.

С точки зрения общего хода развития начатого уже открытия это было до известной степени шагом назад: Дм. Ив. искал способ обосновать переход от группы Na к следующей за нею в естественном порядке группе металлов, склоняясь к тому, что этой последней должна быть группа Ca. Однако, вплотную подойдя к решению задачи, Дм. Ив. вдруг начинает отклоняться как будто в сторону от прямого ответа на основной интересующий его вопрос; он как бы *возвращается* к неметаллам и, прежде чем искать места для щелочноземельных и даже для щелочных металлов, начинает выяснять, как распределяются группы неметаллов.

Но этот возврат оказывается такого рода «возвратом», когда в его результате расширяется база для дальнейшего про-

движения вперед, что уже непосредственно, хотя и с другой стороны, приводит к искомому решению.

В верхней табличке еще не видно непосредственного приближения к искомому решению, в ней вообще группы металлов остались где-то совершенно на заднем плане. При этом с группой Cl оказалась сопоставленной не группа Na, а группа Ca, тогда как группа Na оказалась в полнсм отдалении и от группы Cl, и от группы Ca. На первый взгляд получилось так, словно Дм. Ив. отказался вообще от своего исходного положения, состоявшего в сопоставлении групп Na и Cl.

Но так может показаться лишь с первого взгляда. Размещение групп неметаллов, как более изученных в их взаимных отношениях, дало возможность более обоснованно, более последовательно начать размещать менее разработанную в смысле выяснения их взаимосвязей, более многочисленную, более трудную часть элементов — группы металлов. Размещение подряд четырех неметаллических групп в верхней табличке составило твердую основу для всей системы, следовательно, и для металлических групп. Отправляясь от этой уже твердо установленной основы, или костяка, всей будущей системы, Дм. Ив. мог логически последовательно продолжать дальше начатую работу над составлением системы элементов.

Следовательно, и здесь сказался все тот же общий метод восхождения, который проходит красной нитью через все данное исследование.

После того как костяк системы, образованный из четырех наиболее изученных групп неметаллов, был установлен, выяснилось следующее: то, что первоначально было принято неверно за исходную «клеточку», не было отброшено совсем в ходе дальнейшего исследования, а вошло как бы само собой в достигнутый на совершенно иной базе результат. В самом деле: первоначально, держась еще принципа атомности, Дм. Ив. предполагал расположить элементы в последовательности основных химических типов:

1) сходные с Н одноатомные элементы, 2) сходные с О двуатомные элементы, 3) сходные с N трехатомные элементы, 4) сходные с С четырехатомные элементы.

В итоге сопоставления первых же групп неметаллов по величине их атомных весов с группой Cl, т. е. с одноатомными аналогами Н, выяснилось, что их расположение по признаку атомного веса дает в данном случае тот же порядок, как и расположение их по значению атомности (указывается в скобках):

за F (1)=19 следует O (2)=16, далее — N(3)=14 и C(4)=12.

Выходит, таким образом, что произошел как бы возврат к пройденному — к тому, что, казалось бы, было оставлено как неправильное. Такой «возврат» не был, разумеется, ни в

малейшей степени отказом от позднее найденного принципа (располагать элементы по величине атомных весов), а, напротив, явился прямым следствием этого нового принципа. Это свидетельствует лишь о том, что расположение по атомности не было абсолютно лишено всякого основания, но лишь не должно было приниматься за основной, а главное — единственный принцип классификации элементов.

В принципе атомности был и свой рациональный момент, который раскрылся лишь в его связи с распределением элементов по величине их атомных весов. Позднее, в выводах из своей первой статьи, Дм. Ив. писал:

«Сопоставление элементов или их групп по величине атомного веса соответствует так называемой *атомности* их...» [2, 16].

Итак, приняв решение искать соотношения между группой Na и какой-то другой, еще окончательно не выясненной группой металлов, Дм. Ив. тут же начал вполне сознательно и логически оправданно решать не этот, а совершенно, казалось бы, другой вопрос — о размещении групп неметаллов. Но сейчас же обнаруживается, что это не было шагом назад, а было необходимым условием и предпосылкой для возможности успешно и обоснованно двигаться вперед по начатому пути.

Все сказанное подтверждается анализом нижней таблички: здесь уже с самого начала ее составления Дм. Ив. принимает за исходное сопоставление сближение двух групп: Na (первая полная строчка) и Cl (вторая полная строчка сверху). Следовательно, то, что было сделано до тех пор в верхней табличке, отнюдь не означало пересмотра исходного пункта, т. е. выбора групп Na и Cl за «клеточку» для всей системы, а значит, и для всего открытия.

Сверху над группой Na Дм. Ив. поставил группу Ca, показывая, таким образом, как *могла бы быть* решена поставленная задача. Однако такое решение не явилось еще окончательным: ведь в верхней табличке была сделана попытка сблизить группу Ca непосредственно с группой Cl, минуя группу Na. Теперь же в нижней табличке между группой Ca и группой Cl Дм. Ив. «вдвинул» группу Na, ставя ее на ее естественное место, определенное еще с самого начала. Но этим еще не была доказана естественность помещения группы Ca над группой Na. Для того чтобы доказать это, необходимо было проверить и другие возможные положения группы Ca, с тем чтобы по методу исключения показать, что все они или неестественны вовсе или менее естественны, нежели ее положение непосредственно над группой Na.

Таким образом, для двух групп — Na и Cl — окончательным решением могло считаться их помещение рядом одна с другой; это вытекало из всего содержания верхней таблички. Но положение группы Ca, а это было *главным* при начале делаемого от-

крытия, не могло еще считаться столь же твердо установленным и требовало дополнительной проверки и подтверждения.

Верхняя и особенно нижняя таблички интересны еще в одном отношении, которое также свидетельствует о логически последовательном развитии творческой мысли Дм. Ив. по пути от низшего к высшему. И там и здесь Дм. Ив. не ограничивается размещением сильных металлов и всех неметаллов, а ищет такой переход от неметаллов к металлам, который был бы нерезким, неэнергичным. Нахождение такого перехода, о котором Дм. Ив. писал в «Основах химии», имея в виду N и C, явилось бы важнейшим звеном в разворачивании всей цепи сопоставлений различных групп элементов: ведь тем самым были бы приведены в последовательную связь не только самые активные, самые «энергические» элементы, заключенные в группах Na и Cl, но и громадная область промежуточных между ними элементов, обладающих переходными свойствами. А это означало бы, что составляемая система, хотя бы в первом своем приближении, доведена до той стадии, когда уже вырисовались ее общие контуры и границы.

Вот почему Дм. Ив. торопился сейчас же после занесения в верхнюю табличку группы N (первой из тех, которые он называл переходными между неметаллами и металлами) сопоставить с ней группу слабых металлов (Cu и Ag). Только после этого он записал в промежутке между обеими сопоставленными группами (N и Cu) вторую группу (C) из числа названных им переходными. Вслед за тем под группой Cu — Ag была подписана группа Mg, а еще ниже — группа Na.

Вероятно, Дм. Ив. пытался проследить здесь, осуществляется ли непрерывность перехода от сильнейших неметаллов (группа Cl) к более слабым неметаллам (группа O), затем — к еще более слабым, «переходным» (группы N и C), далее — к слабым металлам (группы Cu и Mg) и, наконец, к сильнейшим металлам (группа Na). Другими словами, здесь реализовался первый путь сопоставления групп элементов, охарактеризованный выше, когда по краям системы становятся сильные элементы (галогены и щелочные металлы), а середину заполняют более слабые элементы вплоть до тех, которые обладают переходным характером. (Возможно, по этой именно причине в верхней табличке оказались разобщены группа Cl, оставшаяся наверху таблички, и группа Na, переместившаяся вниз.)

Примерно такая же картина повторяется и в нижней табличке, с той лишь разницей, что здесь активные металлы остаются на верху таблицы, над галоидами.

Обратим теперь внимание на фигурную скобку, нанесенную на нижней табличке, по-видимому, под самый конец ее

составления. Эта скобка охватила собой два исходных ряда сопоставленных элементов:

$$\left\{ \begin{array}{cccccc} 7 \text{ Li} & 23 \text{ Na} & 39 \text{ K} & \text{Rb} & 85 & \text{Cs} & 133 \\ 3 \text{ ?} & 19 \text{ F} & 35 \text{ Cl} & 80 & \text{Br} & \text{J} & 127. \end{array} \right.$$

Смысл этой скобки состоит, очевидно, в следующем: готовясь к тому, чтобы при помощи «пасьянса» составить всю таблицу заново, Дм. Ив. за исходное принял сопоставление обеих приведенных выше групп. Иначе говоря, он не предполагал начать строить путем «пасьянса» систему на пустом месте, а сразу же принял за исходное то, что явилось исходной «клеточкой» на предшествующем этапе открытия и оправдало себя в качестве таковой.

Но Дм. Ив. не охватил такой же скобкой также и группу Са, хотя вполне мог бы это сделать, ибо строка с группой Са непосредственно примыкает к строке с группой Na, охваченной скобкой. Это показывает, что присоединение группы Са к обоим предыдущим группам сильнейших элементов, что составляло, повторяем, ближайшую цель предпринятого исследования, не казалось еще Дм. Ив. столь же бесспорным, как сопоставление групп Na и Cl.

Таким образом, завершая работу над нижней табличкой, Дм. Ив. уже сознавал необходимость на новой, высшей основе повторить весь ранее пройденный путь, добившись максимальной логической последовательности в порядке подключения новых групп элементов к уже внесенным в таблицу, начиная с групп Na и Cl.

Резюмируя с методологической стороны работу творческой мысли Дм. Ив. на этапе составления двух неполных табличек элементов, можно сказать, что это было прямым продолжением того восхождения от низшего к высшему, которое началось на предыдущем этапе. Тогда мы закончили его характеристику тремя пунктами (а, б и в) (см. стр. 197); теперь мы продолжим эту характеристику.

г) Начато раскрытие внешних (для исходной «клеточки») отношений между группами; от сопоставления по величине атомного веса двух первых групп совершен переход к раскрытию отношений между группой Cl и группами остальных неметаллов с доведением до перехода к группам металлов, т. е. до замыкания всего ряда сопоставляемых групп в первом его приближении (верхняя табличка);

д) открытие доведено до возможности повторить — логически более стройно весь его предшествующий путь, дабы перейти к доведению его до конца в части наиболее трудных, наименее изученных групп элементов и отдельных пока что еще разрозненных элементов; для того чтобы определить поря-

док такого повторного составления системы с самого ее начала, выделено исходное сопоставление, с которого, как с первого ее краеугольного камня, должно начаться в дальнейшем указанное повторное построение системы (нижняя табличка).

Метод восхождения от низшего к высшему продолжал руководить творческой мыслью Дм. Ив. и на последующих этапах начатого открытия. Исключительный интерес представляет в связи с этим размещение 27 так называемых «ясных», или «беспорных», элементов, которыми открылся «химический пасьянс». Здесь мы действительно наблюдаем то, как мысль Дм. Ив. вкратце вновь прошла тот самый путь, какой она проделала на предшествующем этапе исследования.

Но если раньше она *искала* ответа, пробуя и экспериментируя, то теперь она лишь *фиксировала* полученный уже ранее ответ, повторяя в логически последовательном виде то, что она шаг за шагом находила до этих пор. Иначе говоря, раньше (при работе над «Основами химии», при нанесении заметок на письмо Ходнева, при составлении обеих неполных табличек) неизбежно могли быть и были отклонения в ту или иную сторону от правильного решения вопроса, пока это правильное решение не было, наконец, найдено и зафиксировано в нижней табличке.

Теперь же восхождение от исходной «клеточки» всего открытия (т. е. от сопоставления групп Na и Cl) должно быть осуществлено чисто логически. Короче говоря, такое повторение есть не что иное, как обобщение всей предшествующей работы над открытием путем освобождения ее от зигзагов мысли и отклонений, нарушающих правильное следование одних групп элементов за другими при их составлении в таблицу.

Свою полную черновую таблицу элементов Дм. Ив. начинает составлять с написания группы Na и сопоставления с нею группы Cl, как это и было намечено фигурной скобкой в нижней табличке. Этим подтверждается и материалистически освещается положение Гегеля, гласящее:

«То, что есть первое в науке (т. е. при логическом изложении достигнутых и приведенных в систему знаний. — Б. К.), должно было оказаться исторически первым».

По этому поводу В. И. Ленин замечает: «Звучит весьма материалистично!»¹

Вслед за тем, логически развертывая достигнутый и уже обобщенный на стадии обеих неполных табличек результат, Дм. Ив. записывает подряд группу O, группу N, группу C и, несколько ниже, группы металлов — Cu и Mg. При нанесении этой по-

¹ В. И. Ленин, Философские тетради, 1947, стр. 80.

следней группы конец третьего столбца непосредственно сомкнулся с началом второго столбца (т. е. $Mg=24$ вплотную подошел к $Na=23$). В итоге образовался тот самый непрерывный переход от сильных неметаллов (галогенов) через слабые неметаллы, переходные группы и слабые металлы к сильным металлам (щелочным металлам), о котором Дм. Ив. писал в «Основах химии».

Такое замыкание двух смежных столбцов в один непрерывный столбец и было первым указанием на то, что, по-видимому, все элементы можно как бы «вытянуть» в один общий непрерывный ряд по величине их атомных весов, а потом разделить его на отдельные отрезки (периоды). Иными словами, такое замыкание указывало на периодичность изменения свойств элементов с их атомным весом, или, короче сказать, на самый характер открываемого закона как закона периодичности.

Вот почему такого рода «замыкание» двух смежных столбцов в один непрерывный ряд не могло не произвести на Дм. Ив. самого сильного впечатления. Ведь при таком «замыкании» впервые со всей очевидностью проявилась самая характерная, отличительная черта открываемой закономерности — периодическая повторяемость свойств элементов, расположенных в последовательный ряд по их атомным весам [доп. 59].

Другими словами, здесь уже со всей очевидностью выступила мысль, которую в выводах из первой своей статьи Дм. Ив. формулировал следующим образом:

«Элементы, расположенные по величине их атомного веса, представляют явственную *периодичность* свойств» [2, 15].

Конечно, как отмечалось выше, уже в нижней табличке Дм. Ив. рассматривал отношения между элементами не только по горизонтали, т. е. в пределах групп, сопоставленных попарно одна с другой по величине атомных весов их членов, но и по вертикали, т. е. в разрезе будущих периодов. Это имело место при вписывании значений атомных весов дополнительно к уже занесенным в табличку символам элементов. Более того: здесь уже наметилось замыкание тех же двух указанных столбцов через ту же пару металлов — $Mg=24$ и $Na=23$, как это имело место в полной черновой таблице.

Однако в нижней табличке это был пока что только намек на периодический закон, а в полной черновой таблице — уже четкое его проявление. Вот почему можно считать, что решающей стадии открытие периодического закона достигло лишь в момент раскладывания «пасьянса», т. е. составления полной черновой таблицы элементов. Об этом свидетельствует и сам Дм. Ив. в последнем издании «Основ химии» [1, 619].

Мы не будем дальше с той же подробностью анализировать развертывание совершаемого Дм. Ив. открытия. Отметим

только, что и в дальнейшем оно развивалось, как и с самого начала, в порядке «восхождения» от низшего к высшему, от первоначального известного к новому знанию, обогащенному за счет того, что ранее было неизвестным (т. е. «от известного к неизвестному»).

В связи с этим укажем лишь на то, как определилось, наконец, окончательное положение группы Са. Для того чтобы проверить («попробовать»), не подойдет ли для нее какое-либо иное место в системе, Дм. Ив. на момент принял, что у Са, Sr, Ba надо учитывать не истинные их атомные веса, а старые, эквивалентные. В таком случае группа Са? 20, Sr? 44, Ba? 68 могла бы расположиться под группой Си. Однако ее положение здесь во всех отношениях оказывалось настолько противоестественным, что Дм. Ив. немедленно снял ее отсюда.

Тогда единственным местом для группы Са оказывалось то, на которое она уже ставилась раньше, в нижней табличке, а именно — над группой Na. Сюда и поставил ее окончательно Дм. Ив. Так был, наконец, дан ответ на возникший в начале открытия вопрос: что излагать после щелочных металлов?

Позднее, спустя 8 лет, в 3-м издании «Основ химии» (1877 г.) Дм. Ив. резюмировал весь исторически проделанный им путь открытия периодического закона от исходного сопоставления двух групп — Na и Cl — до заключительного сопоставления группы Na с группой Са.

«В этих трех группах видна сущность дела», — писал тогда Дм. Ив. [2, 265].

Это было такое же логическое обобщение истории развертывания творческой мысли Дм. Ив. в ходе открытия, как и предыдущее обобщение при начале «пасьянса». Только сейчас оно было несравненно более лаконичным.

Следует еще добавить для характеристики того же метода восхождения, что на всем протяжении делаемого открытия Дм. Ив. строго придерживался выработавшейся последовательности — переходить от известного к неизвестному и от более известного к менее известному.

Указанный путь восхождения сказался прежде всего при разбивке карточек на кучки, а еще ранее — при включении в обе неполные таблички по преимуществу хорошо изученных элементов, из которых сформировались уже давно определенные группы. В своей первой статье Дм. Ив. писал:

«Только относительно некоторых групп элементов не существует сомнения, что они образуют одно целое, представляют естественный ряд сходственных проявлений материи. Таковы группы: галоидов, металлов щелочных земель, группа азота

и отчасти серы, спутников платины, спутников церия да многие другие» [2, 6].

Именно эти хорошо исследованные группы и объединялись Дм. Ив. прежде всего в таблицу.

Разбивка на кучки карточек, отразившая последовательность включения в полную черновую таблицу различных категорий элементов, была осуществлена на том же основании: сначала шли наиболее изученные, потом — менее изученные, под конец же — вовсе не изученные, сомнительные по своим свойствам элементы. За пределами таблицы остался один тербий, который был еще настолько не изучен, что было основание сомневаться в самом его существовании.

По поводу церитов и гадолинитов Дм. Ив. писал в 5-й главе 2-й части «Основ химии» (вскоре после открытия периодического закона):

«Но ни один из них до сих пор не исследован с надлежащей полнотой, так что существует много сомнительного относительно их свойств и даже иногда настает сомнение и в существовании некоторых из этих металлов, как самостоятельных химических элементов, потому что свойства многих из соединений этих элементов столь сходственны между собою, что без полного тщательного изучения нельзя быть уверенным в отсутствии тождества между ними. Таков, например, между ними тербий» [4, 187—188].

Последовательный переход от известного к неизвестному и от более известного к менее известному был единственно правильным в тех условиях путь построения всей системы элементов. Благодаря движению по такому именно пути ядро формирующейся системы с самого же начала включило в себя наиболее проверенное, твердо установленное, достоверное. Поэтому это ядро смогло стать сразу же прочным краеугольным камнем для всей системы.

Такой подход сказался и на выработке первоначальной формы самой системы, представленной обеими неполными табличками и обеими полными таблицами. Эта форма была такова, что стержнем центральной части системы служила исходная «клеточка» — пара сопоставленных групп (Na и Cl), вокруг которой сверху и снизу группировались все остальные хорошо изученные группы, образовавшие собой центральную часть системы.

Вопрос о центральной части системы при выражении этой системы в форме таблицы сводился к тому, каким образом вокруг указанной части системы, т. е. известной ее части — ее ядра, следует располагать остальную часть системы, включающую все малоизвестное. Говоря о втором варианте своей системы элементов, Дм. Ив. указывал, что такие элементы, рез-

ко различные, как Cl и Na , составляли бы крайние ряды, между которыми располагались бы элементы с менее резким химическим характером. Но при этом середина таблицы была бы почти пустою и весьма сомнительною, тогда как теперь в ней распределение несомненно и есть много представителей, а все менее известные элементы стоят по краям, вверху и внизу.

Так Дм. Ив. писал в феврале 1869 г.

Но уже в октябре 1869 г. Дм. Ив. перешел к той форме таблицы, которую он за полгода до этого считал несовершенной. В статье «О количестве кислорода в соляных окислах и об атомности элементов» он писал, что такая форма системы удовлетворяет естественной группировке элементов, «отличию их по химическому характеру (с одной стороны помещаются наиболее резкие металлы, с другой стороны — самые энергические металлоиды)...» [2, 33].

В разработке формы системы элементов можно обнаружить то же «восхождение», как и в случае процесса составления самой системы элементов. Исходной формой послужил «Опыт системы элементов». Такую таблицу можно было бы назвать длинной таблицей горизонтального типа. Все остальные варианты системы — а мы видели, что к концу февраля 1869 г. их общее число достигло у Дм. Ив. минимум 11, — рождались как попытки варьировать эту исходную форму; при этом различным образом графически менялось взаимное расположение групп в системе. Но все эти варианты оставались пока лишь *опытами*, не доведенными до известного завершения системами.

Позднее, в 1898 г., Дм. Ив. писал по поводу простейшего вида своей системы, в принципе повторявшего первоначальный ее «Опыт»:

«Вид или форма расположения элементов по периодической законности может быть изменяема до чрезвычайности, располагая элементы по поверхности цилиндра, по спирали, по ломаной или зубчатой линии и т. п. Тот вид расположения, который приведен здесь, есть начальный и мне кажется наиболее простым и наглядным» [2, 420].

Можно сказать, что длинная таблица горизонтального типа явилась как бы исходной (начальной) «клеточкой» по отношению ко всем остальным формам системы элементов, которые так или иначе развились из нее путем ее усложнения.

В августе и особенно в октябре 1869 г. под влиянием разработки сначала физической функции от атомных весов (зависимость от них атомных объемов), а затем — химической функции (зависимость от них же состава высших солеобразных окислов, иначе говоря, валентности элементов по кислороду)

Дм. Ив. перешел к той форме своей системы, которую можно было бы назвать короткой вертикального типа.

Еще через год, в ноябре 1870 г., эта форма таблицы была усовершенствована уже настолько, что на ее основе можно было сделать совершенно точные предсказания не известных еще элементов и внести необходимые исправления в значение атомных весов сомнительных до тех пор элементов. Тогда система получила название уже не опыта, а *естественной* системы элементов; Дм. Ив. теперь рассматривал ее не в качестве одного из многих вариантов системы, а в качестве завершенной и в этом виде единственной системы.

Наконец, в марте 1871 г. Дм. Ив. впервые назвал свою систему «периодической», подчеркнув тем самым лежащий в ее основе периодический закон.

Так совершалось восхождение от первоначального, еще не проверенного «опыта системы» через его дальнейшее усложнение и развитие, через пробу многочисленных, выведенных из него вариантов того же опытного характера к выбору одного из них, как наиболее правильно выражающего открытый закон, далее — через его проверку, утверждение и совершенствование к последующему превращению его в современную классическую короткую таблицу Д. И. Менделеева.

Итак, метод восхождения, такой, каким его применял в своем исследовании Дм. Ив., есть способ перехода от «клеточки» к развитому телу, от ячейки к разработанной системе. Этот метод позволял Дм. Ив. закреплять и фиксировать все достигнутое на каждом этапе открытия, с тем чтобы можно было, опираясь на это уже достигнутое, двигаться вперед, развивать свою мысль дальше, разворачивать все шире и глубже самое открытие, доводить его до конца, т. е. до его наиболее завершенной в данных условиях формы.

Завершением же этого было открытие нового закона. Всякий закон в науке устанавливается в итоге обобщения. Тем самым рассмотрение метода восхождения непосредственно подводит нас к рассмотрению другого, связанного с ним метода, который мы называли выше методом обобщения. В дальнейшем мы еще не раз будем отмечать внутреннюю связь обоих методов, или способов, научного познания.

ОСНОВЫ ХИМИИ

Д. Менделѣва,

ПРОФЕССОРА И. С.-п.-б. УНИВЕРСИТЕТА.

— 38 —

ЧАСТЬ ВТОРАЯ.

съ 28-ю полиטיפажамн.

~~~~~

С-ПЕТЕРБУРГЪ

1871.

Титульный лист 2-й части «Основ химии». При работе над первыми главами этой части, применяя метод обобщения, Дм. Ив. открыл периодический закон





## Г Л А В А VIII

# КАК ПРИМЕНЯЛСЯ МЕТОД НАУЧНОГО ПОЗНАНИЯ В ПРОЦЕССЕ ОТКРЫТИЯ (Продолжение)

## Б. МЕТОД ОБОБЩЕНИЯ (Путь к открытию закона)

«Наука состоит в отыскании общего».   
(Из записей Д. И. Менделеева)

«Надо искать в окружающем тех сторон, которые, подчиняясь анализу, способны вести к синтезу, иначе будет бесплодная трата времени и силы».

(Д. И. Менделеев, Исследование водных растворов по удельному весу.)

Дм. Ив. всегда рассматривал созданную им систему элементов и лежащий в ее основе закон как логическое обобщение, или «свод», большого эмпирического материала, как общий *вывод* из этого материала. Свое «Фарадеевское чтение» (1889 г.) он начал с того, что представил «периодический закон, как такое химическое обобщение, которое в последние годы обратило на себя общее внимание» [2, 347]. Закончил свое чтение Дм. Ив. сравнением периодического закона, как одного из недавних научных обобщений, с инструментом мысли [2, 366]. В самом чтении делается следующий вывод:

«Таким образом периодическая законность прямо вытекла из запаса сближений и проверенных сведений, существовавших к концу 60-х годов, она есть их свод в одно более или менее систематическое, цельное выражение» [2, 351]. И далее неоднократно Дм. Ив. характеризует периодическую законность как *обобщение*.

В своем дневнике 1870—1871 гг. Дм. Ив. писал:

«Наука состоит в отыскании общего».

В элемент{ах} есть обще{е —}... Но признают чресчур многое индивидуальным... Но связать эти индивидуальности общею идеею — цель моей естес{ственной} системы» [8, 618].

Далее он указывает, что даже способность образовывать соединения с кристаллизационной водой и то неиндивидуальна.

Много позднее, в статье «Вещество», Дм. Ив. писал:

«Отыскать же единое неизменное и общее в изменяемом и частном — составляет основную задачу познания...» [2, 381].

Как же осуществлялось такое обобщение, которое вскрывало в индивидуальном и частном (элементы и их группы) общее? Иначе говоря: как Дм. Ив. применял теоретически метод обобщения в ходе открытия периодического закона? Ответ на этот вопрос дается в данной главе.

### 1. От особых групп к общей системе (Переход от особенного ко всеобщему)

Путь познания любого закона природы исторически, вполне закономерно проходит определенные ступени. В общем случае таких ступеней можно выделить три.

1) Исходным, как и всегда, является собирание, или накопление, отдельных, единичных фактов, относящихся к изучаемому кругу явлений. Регистрируя каждый такой отдельный факт, мы высказываем полученный нами результат в форме *единичности*.

2) По мере накопления отдельных фактов во избежание того, чтобы не образовался неразличимый хаос эмпирических данных, мы вынуждены группировать, или классифицировать, собранный материал. С этой целью мы сравниваем отдельные факты между собой, вскрываем между ними сходства и различия, а затем соединяем все сходное в одну особую категорию, или группу, отличая ее от других столь же особых категорий, или групп. Соответственно этому мы выражаем достигнутый теперь результат в форме *особенности*.

3) Разбивка известных фактов на разобщенные между собою особые группы по признаку их особых свойств и на основе учета сходства, противопоставленного различию, лежит в основе искусственных, или формальных, классификаций. Напротив, естественная классификация предполагает прежде всего нахождение общего принципа, или общей основы, лежащей в фундаменте всего данного круга явлений и объединяющей собою, как бы «пронизывающей» общим стержнем, все разобщенные группы; таким стержнем является обычно закон природы, которому подчиняются явления, входящие в изучаемый нами круг явлений. В соответствии с этим за ступенью особенности всегда следует та высшая ступень познания, на которой открывается закон природы. По самому своему существу закон природы есть нечто всеобщее, по выражению Дм. Ив., «не терпящее исключений».

Всеобщность как характерная черта закона подчеркнута Ф. Энгельсом: «Форма всеобщности в природе — это закон...»<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Ф. Энгельс, *Диалектика природы*, 1955, стр. 186.

Поэтому, открывая закон природы, мы выражаем достигнутый результат в форме *всеобщности*.

Таким образом, путь познания закона — это путь движения научной мысли от единичности к особенностям и от особенностей ко всеобщности.

«И в самом деле, всякое действительное, исчерпывающее познание заключается лишь в том, что мы в мыслях поднимаем единичное из единичности в особенность, а из этой последней во всеобщность; заключается в том, что мы находим и констатируем бесконечное в конечном, вечное — в преходящем»<sup>1</sup>.

Разумеется, характер перехода от каждого из этих ступеней к следующей, более высокой ступени, так сказать внутренний «механизм» перехода, специфицируется в зависимости от характера изучаемых явлений. Одно дело, например, открытие закона видообразования в живой природе, другое — закона всемирного тяготения в механике макротел. Но при всем их различии общей является последовательность отмеченных выше трех ступеней познания. Характеризуя третий отдел «Логики» Гегеля, посвященный понятию, Ф. Энгельс писал:

«Единичность, особенность, всеобщность — вот те три определения, в которых движется все «Учение о понятии». При этом восхождение от единичного к особенному и от особенного к всеобщему совершается не одним, а многими способами, и Гегель довольно часто иллюстрирует это на примере восхождения от индивида к виду и роду»<sup>2</sup>.

Приведенное высказывание Ф. Энгельса указывает на то, что развитие познания от констатации единичности через установление особенности к раскрытию всеобщности представляет собой частный случай *восхождения* от низшего к высшему, от простого к сложному<sup>3</sup>. Тем самым метод обобщения можно рассматривать как частный случай метода восхождения, но настолько специфический и играющий столь важную самостоятельную роль в научном познании, что его с полным правом можно выделить в особый метод или способ, или прием научного исследования.

В подтверждение того, что развитие научного познания идет действительно по ступеням — единичность, особенность, всеобщность, Энгельс приводит ставший классическим пример с историей открытия закона сохранения и превращения энергии. Таким же примером может служить история открытия любого другого закона природы, в том числе и периодического закона

<sup>1</sup> Ф. Энгельс, *Диалектика природы*, 1955, стр. 185

<sup>2</sup> Там же, стр. 179.

<sup>3</sup> Не случайно Ф. Энгельс отмечает (там же, стр. 177), что диалектическая логика, в противоположность формальной, выводит одну из другой формы движения мысли, развивает более высокие из нижестоящих.

Степень единичности в познании химических элементов была пройдена химией еще к исходу XVIII века. Это не значит, конечно, что прекратилось изучение отдельных свойств отдельных элементов, их отдельных реакций, равно как и открытия новых отдельных элементов в порядке единичных, изолированных между собой явлений. Но это значит лишь, что химики, начиная с последней трети XVIII века, все настойчивее стремились разделять все химические элементы на различные особенные и обособленные друг от друга группы по их особым химическим свойствам.

Сначала такая разбивка производилась на два основных класса — на металлы, дающие с кислородом основные окислы, и неметаллы, дающие с ним кислотные окислы (Лавуазье, Берцелиус).

Затем особенность у химических элементов выступила в форме их разбивки на отдельные «естественные» группы (триады Деберейнера и др.).

К началу 60-х годов XIX века степень особенности в познании химических элементов была уже в основном пройдена, хотя в группы были сведены далеко еще не все химические элементы. Многие из них, даже из числа давно уже открытых, стояли еще особняком от всех остальных элементов и не примкнули к какой-либо определенной естественной группе. Тем не менее число хорошо изученных групп (особенное) стало уже настолько большим, что делало не только возможным, но и необходимым создание общей системы, охватывающей все элементы: соответственно этому стало возможным и необходимым открытие закона природы, которому подчиняются все элементы (всеобщее).

Если начиная с последней трети XVIII века сначала Лавуазье, а затем Берцелиус, Деберейнер и другие химики осуществили переход в познании химических элементов от степени единичности к степени особенности, то в конце 60-х годов XIX века Дм. Ив. осуществил переход в их познании на высшую с логической, познавательной точки зрения степень: он поднялся со степени особенности на степень всеобщности.

Вполне понятно, что такой переход на высшую степень должен был осуществиться при помощи широкого и последовательного применения метода обобщения, ибо практически дело касалось создания *общей* системы элементов, открытия *общего* их закона.

Конечно, обобщение, как прием исследования, применялось и на предшествующей степени познания элементов, т. е. при раскрытии у них момента особенности. Но тогда такого рода обобщение не выходило за пределы приемов обычной индуктивной логики, которыми широко пользуется формальная логика.

гика. Для того чтобы образовать группу галоидов, или группу щелочных металлов, не требовалось по сути дела ничего, кроме умения оперировать известными приемами «присутствия» или «отсутствия». Общность химических свойств, явственное сходство образуемых данными элементами химических соединений давали возможность химикам на основании прямо наблюдаемых эмпирических данных делать заключения о принадлежности или непринадлежности данного элемента к той или иной естественной группе.

Конечно, имели место и затруднительные ситуации, особенно когда изучаемый элемент не был достаточно хорошо химически очищен или не проявлял типичных химических свойств. Но в целом простейшие приемы логического обобщения при составлении естественных групп давали возможность прямо и непосредственно переходить от «единичного» к «особенному».

Совершенно иначе сложилось дело на той стадии развития научного познания химиков, когда возникла необходимость перейти выше — со ступени особенности на ступень всеобщности. Хотя здесь, на первый взгляд, речь шла также об обобщении, однако приемы и способы *этого* обобщения, образующие то, что мы называли «методом обобщения», столь же глубоко отличны от обычных индуктивных его приемов, насколько диалектическая логика коренным образом отличается от логики формальной.

Ни метод «присутствия», ни метод «отсутствия», ни метод «сопутствующих изменений», ни метод «остатков», ни все они, вместе взятые, не могли бы помочь Дм. Ив. решить задачу нахождения периодического закона, если бы Дм. Ив. не воспользовался на деле другим, более совершенным методом обобщения, адекватным более высокой ступени развития научного познания.

Метод обобщения, который применил Дм. Ив. при составлении системы элементов, отвечал тому, что предполагала сама задача извлечения всеобщности из особенности, т. е. перехода от ступени познания особенного к ступени познания всеобщего в изучении химических элементов. Исключительно важно отметить, что Дм. Ив., как он свидетельствует сам, ясно осознавал, что его задача — осуществить переход от отдельных, разобренных между собою групп элементов (т. е. того, что мы называем особенным) к раскрытию взаимосвязей этих групп, к составлению из них общей системы элементов (т. е. того, что мы называем всеобщим).

Летом 1871 г. Дм. Ив. отмечал как один из основных недостатков прежних систем элементов отсутствие их обобщения в одно целое:

«Не указывалось, да и не было возможно обобщить, взаим-



ное отношение разных групп между собою, оттого системы страдали неполнотою и отсутствием даже внешней целостности» [6, 38].

Свою же задачу Дм. Ив. видел в том, чтобы пойти в этом отношении вперед по сравнению со своими предшественниками и современниками. В связи с этим напомним еще раз его слова, которые мы уже приводили:

«За немногими исключениями я принял те же группы аналогичных элементов, что и мои предшественники, но поставил целью изучить закономерности во взаимоотношении групп. Тем самым я пришел к вышеупомянутому общему принципу...» [2,222].

Оглядываясь назад и мысленно переносясь в обстановку 60-х годов XIX века, мы можем теперь сказать, что если бы все отдельные элементы (единичное) были тогда известны и сведены в естественные группы (особенное), то насколько легче тогда было бы Дм. Ив. составить систему и открыть периодический закон (всеобщее). Но ситуация сложилась так, что лишь две трети от общего числа всех элементов (63 из 92) были тогда открыты, причем далеко не все они были сведены в группы; некоторые же группы были вообще составлены неправильно, поскольку неправильно были познаны или истолкованы связи и отношения между соответствующими элементами. Как же при таких условиях приходилось Дм. Ив. находить взаимоотношения между группами и восполнять отсутствующие звенья в общей цепи химических элементов? Ответить на этот вопрос — значит выяснить своеобразие и мощь применявшегося Дм. Ив. метода обобщения.

Во всех случаях, когда группы элементов были составлены безусловно правильно и естественно, без натяжек, Дм. Ив., как мы видели, сопоставлял их непосредственно одну с другой. В этих случаях шаг от ступени особенности к ступени всеобщности осуществлялся сравнительно легко и быстро.

Но в тех случаях, когда группы были составлены неудачно и их естественность казалась сомнительной, а иногда и просто отсутствовала, переход от особенности к всеобщности явно осложнялся.

Между тем, открывая периодический закон и создавая систему элементов, Дм. Ив. не мог выйти из той логической цепи умозаключений, которая заставляла его искать этот закон и создавать эту систему, отправляясь от сопоставления отдельных элементов не непосредственно (т. е. не прямо от единичного), а опосредствованно, путем сопоставления между собою целых групп (т. е. отправляясь непосредственно от особенного). Практически это означало, что, прежде чем включить какой-либо элемент, скажем уран (Ur), в систему, необходимо было прежде всего включить его в определенную группу. Так до-

водился до логического конца исходный прием — искать закон и строить систему путем сопоставления *групп* для изучения их взаимоотношений.

Первоначально  $U_{\Gamma}=120$  был записан обособленно, как одиночный элемент в нижнем списке безместных элементов на полной черновой таблице (см. фотокопию IV). Для включения его в систему требовалось предварительно решить: в какую группу он должен быть включен. Тогда считалось, что его окись есть  $U_{\Gamma_2}O_3$ , т. е. что  $U_{\Gamma}$  трехвалентен. В таком случае он мог быть включен в группу трехвалентных элементов (В и Al).

И действительно, в строке В — Al открывалось место для  $U_{\Gamma}$  между  $Sn=118$  и  $Cd=112$  (по вертикали). Сюда и поставил Дм. Ив. уран, уменьшив его атомный вес со 120 до 116, с тем чтобы оправдать помещение  $U_{\Gamma}$  на это место.

Следовательно, задача здесь решалась так: *сначала* Дм. Ив. определил, к какой группе относится данный элемент. Тем самым он достроил и данную группу, иначе говоря, довел до конца то, что должно было быть сделано на ступени особенности.

*Затем* он включал рассматриваемый элемент в данную группу, которая в целом уже вошла в систему и заняла в ней определенное место (ряд).

Непосредственного включения  $U_{\Gamma}$  в общую систему, минуя группу (т. е. минуя особенное), не было. Он был включен именно опосредствованно, через предварительное отнесение его к определенной группе (т. е. через особенное).

Важно отметить, что принадлежность  $U_{\Gamma}$  к данной группе выяснилась только на высшей ступени познания, когда стал раскрываться момент всеобщего. До этого времени не вставала задача создать из В, Al и  $U_{\Gamma}$  какую-то особую группу. Более того, как мы сейчас увидим, даже В и Al обычно не сопоставлялись до тех пор друг с другом как члены одной группы.

Таким образом, доведение до конца стадии особенности (в смысле достройки неполных еще групп) было предпринято в свою очередь под прямым воздействием высшей ступени познания элементов — ступени всеобщности (т. е. необходимости создать общую систему и открыть общий закон). Иными словами, химические аналогии раскрылись тут лишь в связи с установлением общего закона.

В своей первой статье Дм. Ив. писал по этому поводу:

«Некоторые аналогии элементов открываются по величине веса их атома. Так уран оказывается аналогом бора и алюминия, что и оправдывается сличением их соединений» [2, 16].

Отмечая, что некоторые аналогии, ранее не установленные в химии, так сказать, предугадываются системой, Дм. Ив. ссылается при этом именно на  $U_{\Gamma}$ :

«Так, урану (но не золоту, которое, может быть, должно поставить в ряд железа) почти несомненно необходимо отнести место в ряду бора и алюминия, и действительно между этими элементами оказывается не мало сходственного. Так напр. от окиси урана <sup>1</sup>, как от борной кислоты, буреет  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ; состав буры  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$  аналогичен с составом уранового соединения  $\text{K}_2\text{U}_4\text{O}_7$ . Соединения же глинозема с основаниями до сих пор мало исследованы...» [2, 15].

Несколько позднее (в 1871 г.) Дм. Ив. указывал на то, что в существовавших до него «естественных» системах не было твердых оснований для распределения элементов, т. е. для включения или невключения того или иного элемента в данную группу, «а потому такие элементы, как  $\text{Ti}$ , даже  $\text{Ag}$ ,  $\text{Hg}$  и т. п., относились в них к разнообразным группам. Так,  $\text{Na}$  и  $\text{K}$ ,  $\text{Li}$  и  $\text{Rb}$  относили к группе щелочных металлов, куда причисляли часто и  $\text{Ti}$ ... положение  $\text{Pb}$  в отношении к  $\text{Ca}$ ,  $\text{Sr}$ ,  $\text{Ba}$  таково же, то-есть очень сомнительно, как и положение  $\text{Ti}$  в отношении  $\text{K}$ ,  $\text{Rb}$ ,  $\text{Cs}$ . Недостаток твердых оснований для деления делал результаты естественных систем очень шаткими».

Более того, «некоторые элементы оказывались без аналогий, напр.  $\text{Au}$ ,  $\text{Al}$ ,  $\text{B}$ ,  $\text{F}$ ,  $\text{U}$  и т. п.» [6, 38], т. е. они оказывались вообще вне всяких естественных групп, выступая как элементы-одиночки.

Для того чтобы включить эти элементы-одиночки в общую систему, Дм. Ив. предстояло сначала включить их в определенную группу, с тем чтобы уже вместе со всей этой группой включить их затем в общую систему.

Пока группы оставались разобщенными между собой, сделать это было очень трудно, ибо не было критерия правильности включения тех или иных элементов в ту или иную группу. Это обстоятельство Дм. Ив. отмечал не раз. Летом 1871 г. он писал:

«Во-первых, не явилось, сколько то мне известно, ни одного обобщения, связывающего все известные естественные группы в одно целое и оттого выводы, сделанные для некоторых групп страдали отрывочностью и не вели к каким-либо дальнейшим логическим заключениям, представлялись необъяснимым и неожиданным явлением...» [6, 22—23].

С точки же зрения периодического закона (т. е. всеобщего) открывалась возможность корректировать и проверять правильность составления самих естественных групп (т. е. особенного). Это со всей силой подчеркивал Дм. Ив.:

«Закон периодичности, давая... прочные численные руководящие начала для распределения элементов, заставляет сово-

<sup>1</sup> Напомним, что символ урана Дм. Ив. пишет то как  $\text{U}$ , то как  $\text{U}$ . — Б.К.

куплять в одну группу действительно близко сходные элементы...» [6, 38].

Позднее, в 1898 г., Дм. Ив. вновь отметил то же самое положение:

«...Периодическая законность показывает связь, существующую между ближайшими аналогами, сближает их и вызывает признание не подмечавшихся аналогий, примером которых могут служить аналогии: Hg с Mg, Zn и Cd, V с Nb и Ta, Ce с Zr и Ti, Pt и Pd с Ni, Pb с Sn и т. п.» [2, 421].

Итак, одним из первых в порядке доделки групп с помощью периодического закона был включен в систему Uг.

Заметим тут же, что, как оказалось вскоре, Uг был поставлен на место между Sn и Cd неправильно. Уже летом 1869 г. Дм. Ив. снял его с этого места, а осенью 1870 г., удвоив его атомный вес, поставил его в самом конце системы. Следовательно, установление самой по себе группы могло оказаться неточным. В таком случае проверка правильности ее составления ложилась опять-таки на общий закон; говоря иначе, всеобщее проверяло и корректировало особенное.

Подобно Uг в ту же группу В — Al было включено и Au, также стоявшее до этого момента особняком в нижнем списке безместных элементов. Но в отношении Au подготовка для такого включения началась еще в нижней табличке, где сопоставлены были два крайних члена вновь формируемой группы, занимающей строчку между группой С и группой Mg. Однако, как мы видели, у Дм. Ив. оставались сомнения: не стоит ли Au отнести к семейству Fe?

Какие же особенные признаки или свойства служили основанием для отнесения того или иного элемента к данной именно группе, т. е. на какой основе происходило объединение элементов в их группы?

К моменту открытия периодического закона таких признаков было установлено по меньшей мере пять:

а) общность химических свойств, сходство реакций, химическое сходство соединений;

б) правильность в изменении атомных весов у членов одной и той же группы: или их *близость* (у членов семейств), или их *правильное нарастание*, при котором средний член группы обладает среднеарифметическим значением атомного веса по отношению к ее крайним членам (правило триады);

в) общность атомности, причем атомность устанавливалась довольно произвольно, поскольку учитывались лишь наиболее устойчивые соединения;

г) общность кристаллической формы у свободного простого вещества, хотя и не всегда, и у соединений (изоморфизм);

д) общность — сходство или правильное нарастание — величин атомного объема у членов группы или семейства.

Могли быть и другие особенные признаки, по общности или сходству которых заключали о том, относится или нет данный элемент к данной группе.

В феврале и марте 1869 г. Дм. Ив. обращал главное внимание на первые четыре признака из перечисленных выше. Начиная с лета того же года он сосредоточил свое внимание на изучении зависимости атомных объемов от атомного веса и в августе 1869 г. сделал сообщение на Втором съезде русских естествоиспытателей в Москве на тему «Об атомном объеме простых тел». Позднее по этому поводу Дм. Ив. записал:

«Это сообщение считаю очень важным для истории периодической законности. Хотя мне потом многое стало яснее, но удельные объемы простых тел (но не элементов — это очевидно) тогда мне были явственны, а это было гораздо ранее Лотара Мейера.» [7, 93].

Каким же образом было исправлено неправильное включение в группу В — Al двух металлов: Uг и Au? Обратимся к фотокопии XVI, которая озаглавлена «Группы по величине атома» и датирована июнем 1869 г.

Для ряда Ag — J здесь составлена последовательность атомных объемов, которые Дм. Ив. назвал «величиной атома» (сюда нами включен и Uг, поставленный в фигурные скобки):

|      |      |         |      |      |      |    |
|------|------|---------|------|------|------|----|
| Ag   | Cd   | { Uг }  | Sn   | Sb   | Te   | J  |
| 10,3 | 12,8 | { 6,5 } | 16,2 | 18,1 | 20,7 | 26 |

Очевидно, что Uг выпадает из этого ряда последовательно возрастающих значений атомных объемов. Поэтому Дм. Ив. снял его с места между Cd и Sn, поставив на этом месте черту, т. е. указав, что это место свободно.

С другой стороны, и Au оказалось по своему атомному объему не соответствующим первоначально отведенному ему месту в группе В — Al. Зато оно подошло по значению своего атомного объема к Ag у обоих металлов атомный объем оказался почти одинаковым (у Ag=10,3, у Au=10,2). На основании такой близости Дм. Ив. поставил Au в одну группу с Ag и Cu.

Так под влиянием периодического закона расстраивались неправильно составленные группы и создавались более естественные, удовлетворяющие более полно требованиям общности особенных признаков группы. В итоге всеобщее не только вызвало необходимость достраивать особенное, но и корректировало правильность его достройки.

Группы по величине атома

|        |     |    |      |      |      |      |      |      |     |
|--------|-----|----|------|------|------|------|------|------|-----|
| Fe     | Ni  | Co | Cu   | Zn   |      |      | As   | Se   | Br  |
| W = 71 |     |    | 7,2  | 9,1  |      |      | 13.  | 18   | 27  |
| P = 56 |     |    |      |      |      |      |      |      | 80. |
| Ru     | Rh  | Pt | Au   | Cd   |      | Sn   | Sb   | Te   | I   |
| 91     |     |    | 10,3 | 12,8 |      | 16,2 | 18,1 | 20,7 | 26  |
| 2/104  |     |    |      |      |      |      |      |      | 127 |
| Pt     | Ir  | Os | Au   | Hg   | Pb   | Bi   |      |      |     |
| 2=197  | 9,4 |    | 10,2 | 14,7 | 17,2 | 18,2 | 21,4 |      |     |

$\frac{1}{2}(R^2 O) A$   
 $R \neq A + 12$

## Фотокопия XVI.

Часть длинных периодов элементов с атомными объемами — «Группы по величине атома»  
 (июнь 1869 г.)  
 (К стр. 222)





Рассмотрим еще один пример того, как под воздействием всеобщего расстраивались сложившиеся уже было ранее группы и формировались новые, действительно *естественные* группы.

В нижней табличке Дм. Ив. сверху составил группу Al, Fe и Ce, добавив к ней позднее Be. Объединение этих четырех металлов в одну группу было вызвано тем, что все они считались «земельными» (включая сюда и редкоземельные) и трехатомными, подобно  $Al_2O_3$ . Так примерно они были поданы первоначально и в полной черновой таблице, где сначала была намечена группа Al — Fe, а затем Be — Al.

Однако вслед за тем намечавшиеся было группы были расстроены под прямым воздействием формирующейся системы: Be из  $Be_2O_3$  был превращен в BeO и включен в группу Mg; в свою очередь Al был перенесен в начавшую формироваться еще в нижней табличке группу бора.

В итоге всего этого первоначально составленная группа земельных металлов распалась вовсе, а входившие в нее члены пошли на укрупнение других двух групп (B и Mg) или же выделились в виде родоначальников двух самостоятельных семейств (Fe и Ce).

Несколько иначе шла достройка группы Cu и отнесение к ней H. Здесь, так же как и в предыдущих случаях, выявилась в полной мере роль всеобщего при доработке и достройке особенного. В качестве легчайшего элемента, H стоял обособленно среди остальных элементов. Его аналогами считались галоиды, а также щелочные металлы, которые являются одноатомными элементами. Но включать H в группу Cu — Ag не было, казалось бы, никакого основания.

Однако при составлении верхней таблички была найдена разность в атомных весах между членами группы N и группы Cu; в среднем эта разность  $\Delta$  оказалась равной 13. В таком случае открывалась возможность поставить  $N=1$  в первом столбце под  $N=14$ , так как разность  $\Delta$  между  $N - N$  была бы равна как раз 13.

Следовательно, самая идея о включении H в эту группу была продиктована соображениями, вытекавшими из системы (из общего). Сравнение же атомности как будто подтверждало естественность включения H в группу Cu (несмотря на различие в свойствах самих элементов) ибо известны  $Cu_2O$ ,  $Ag_2O$  и  $Hg_2O$ , сходные по составу с  $H_2O$ .

В дальнейшем, однако, Дм. Ив. выражал сомнения относительно естественности положения H в ряду с Cu. В своей первой статье он писал:

«Водород не нашел, по своему малому атомному весу, определенного положения; мне кажется наиболее естественным поставить его в ряду меди, серебра и ртути, хотя может быть

он помещается в каком-то неизвестном ряду, ниже ряда меди» [2, 15].

Разумеется, Дм. Ив. мог поставить Н особняком, вне групп, в самом начале системы, как это он, в частности, сделал во втором и третьем вариантах своей системы. Однако, поскольку задача состояла именно в том, чтобы непременно сопоставлять *группы*, т. е. двигаться ко всеобщему только через особенное, то и здесь для включения Н в систему требовалось предварительно найти ему место в какой-нибудь из групп.

Интересна в связи с этим история с Li. В заметках на письме Ходнева Li сначала, по-видимому, оказался оторванным от остальной группы щелочных металлов и сейчас же был включен в другую группу (Mg). В верхней табличке он фигурирует как член группы Na. В нижней табличке он сначала поставлен совершенно отдельно, снизу C, а потом включен в группу Mg, записанную в эту же строку. Следовательно, здесь повторилось то, что было в заметках на письме Ходнева. Только под самый конец составления нижней неполной таблички Li встал, и на этот раз окончательно, в группу Na. Тем самым определилось и его место в системе.

На этом примере мы видим, что место единичного (элемента) во всеобщем (в системе) выяснялось и здесь не непосредственно, а лишь через предварительное определение его места в особенном (в группе). Когда определено, к какой группе относится данный элемент, тогда определено вместе с тем и какое место он должен занять в системе, ибо сама система составляется, повторяем, в порядке сопоставления разных групп между собой.

Когда положение было таково, что вообще отсутствовала особая группа и соответствующие элементы были вовсе разобщены между собой, то вопрос об их включении в таблицу связывался с предварительным составлением из них новой особой группы. Но это могло происходить и так, что будущая группа рождалась в самом процессе образования системы элементов по ходу сближения групп.

Так было, например, с образованием группы V, Nb и Ta. В нижней табличке V был первоначально записан в ряду N—P, в качестве неполного аналога P. На это же место он был поставлен вначале и в полной черновой таблице, где он стал над Ti, как это было и в нижней табличке.

Когда же в связи с ликвидацией промежуточных столбцов V был перенесен в низ таблицы и поставлен там под Cг и над тем же Ti, то в ряду V открылись два свободных места. На эти места могли встать Nb и Ta, которые до тех пор не включались в систему и относились к числу «сомнительных» элементов.

Близость и сходство между Nb и Ta были известны и ранее, но естественная группа могла образоваться лишь тогда, когда они были присоединены к V, лучше сказать, поскольку они могли быть присоединены к нему. В связи с этим становятся понятными записи состава их окислов ( $Nb_2O_5$  и  $Ta_2O_5$ ), сделанные как на полях таблицы, так и в самой таблице после включения в нее обоих элементов: ведь этим подчеркивалась естественность составления общей их группы вместе с V, у которого тот же состав окисла ( $V_2O_5$ ).

Аналогично образовалась и другая группа: Cr, Mo и W. Перенос Cr в низ системы, вслед за Fe и Mn, открыл два свободных места в ряду Cr. (До этого момента Cr в качестве трехатомного металла попадал в один ряд с B и Al.) На открывшиеся места были поставлены — стоявшие до тех пор в нижнем списке тяжелых металлов особняком от других элементов и друг от друга — Mo и W. Правда, в нижней табличке была сделана попытка включить Mo в ряд B, поставив его после Au, но вряд ли она может быть оценена иначе, как сугубо пробная и предварительная. Теперь же образовалась действительно естественная группа из трех полных аналогов.

Рассмотренные примеры показывают, что своеобразие выбора пути, приемов и способов составления системы элементов определялось именно соотношением моментов «всеобщности» и «особенности» в познании химических элементов.

С этой методологической точки зрения глубже раскрываются причины того, почему в конечном счете Дм. Ив. в своем «Опыте системы элементов» остановил свой выбор именно на длинной форме таблицы, но не на ее короткой форме, к которой он перешел лишь позднее. Причина этого заключается в наличии *двойных* отношений между элементами, о которых будет подробнее сказано ниже.

В самом деле, например, у V имеются отношения сходства и с P и с Nb. В первом случае это — сходство прежде всего в физических свойствах и в составе окислов и других соединений. Во втором случае это — полная химическая аналогия. Отсюда возникает необходимость учитывать одновременно отношения у данного элемента (V) и с его полными аналогами (Nb) и неполными (P).

В связи с этим Дм. Ив. писал в своей первой статье:

«Во многих случаях настает еще большое сомнение относительно места элементов, недостаточно исследованных и притом близких к краям системы; так напр. ванадию, судя по исследованиям Роско, должно быть дано место в ряду азота, его атомный вес (51) заставляет его поместить между фосфором и мышьяком. Физические свойства оказываются ведущими к тому же самому определению положения ванадия: так хлор-

окись ванадия  $\text{VOCl}_3$ , представляет жидкость, имеющую при  $14^\circ$  удельный вес 1,841 и кипящую при  $127^\circ$ , что и приближает ее, а именно ставит выше соответственного соединения фосфора» [2, 12].

То же самое касается и других элементов, попадавших в промежуточный столбец как в нижней неполной табличке, так и в полной черновой таблице (Ti, Cr, Zr). Возможность образования такого рода промежуточных столбцов Дм. Ив. отмечал и в своей первой статье.

Вместе с тем в той же статье Дм. Ив. указывал, что, несмотря на то что в Cr есть некоторое сходство с S, все же помещение Cr в одну группу с S (между S и Se) привело бы к разрыву естественной связи членов одной группы, расположенных в горизонтальную строку. То же касается и Mn в случае помещения его в группе галоидов между Cl и Br.

Признавая то, что две группы металлов:

а) Mg, Zn, Cd,

б) Ca, Sr, Ba,

«представляют много аналогий» друг с другом, Дм. Ив. отказывался «перемешать эти тела в одну группу»:

в) Mg, Ca, Zn, Sr, Cd, Ba.

Составить такую «смешанную» группу значило бы, по Дм. Ив., «нарушить естественное сходство элементов...» [2, 13].

По этим причинам Дм. Ив. выбрал длинную форму таблицы, названную им «Опытом системы элементов». Однако, как мы видели, и во втором и в третьем вариантах своей системы Дм. Ив. начал то самое «перемешивание» попарно группы Na с группой Cu, группы Ca с группой Mg, группы Si с группой Ti, группы P с группой V и т. д., против которого он сам так категорично возражал в своей первой статье. Начиная с августа 1869 г. он уже полностью склонился к такому именно варианту с «перемешанными» группами.

Какова же методологическая сторона первоначального отказа Дм. Ив. от более совершенной формы выражения периодического закона (всеобщего), на которой впоследствии он же сам остановился окончательно?

Мы уже говорили выше, что открытие периодического закона означало переход от ступени особенности на ступень всеобщности. Но внутри «особенности» есть своя градация, свои менее развитые и более развитые формы. В познании химических элементов особенное выступает в виде разделения элементов на различные классы, или группы, как об этом уже говорилось выше. Особенным будет как разделение их на металлы и неметаллы, так и разделение их на естественные группы.

Однако если бы дело ограничилось лишь разделением элементов на металлы и неметаллы, то ступень особенности хотя и была бы уже достигнута, но не получила бы достаточного развития для того, чтобы можно было бы начать осуществлять переход к следующей, высшей ступени познания — к раскрытию всеобщности. Система элементов смогла возникнуть и возникла реально лишь после того, как предшествующая ступень познания получила необходимое развитие, вылившись в принятие естественных групп элементов.

Минимальной предпосылкой для составления системы в ее простейшей форме, каковой является длинная таблица, было образование групп *полных* аналогов (выше они показаны как случаи *а* и *б*); сопоставляя и связывая *такие* группы, можно было уже открыть периодический закон и выразить его в указанной простейшей форме.

Но можно было идти и другим, более сложным путем: сначала сопоставить между собой не все группы полных аналогов в единую общую систему, а связать их попарно, образуя «смешанные» группы, в которые входили бы как полные, так и неполные аналоги (как это представлено в случае *в*). В итоге образовались бы сначала группы  $\text{Na}+\text{Cu}$ ,  $\text{Mg}+\text{Ca}$  и т. д.

В последнем случае общая система элементов в конечном счете также возникла бы путем сопоставления такого рода «смешанных» групп, например группы  $\text{Na}+\text{Cu}$  с группой  $\text{Mg}+\text{Ca}$ . Однако это был бы не самый короткий и не самый простой путь к открытию всеобщего (закона), ибо предварительно пришлось бы доводить предшествующую ступень (ступень особенности) до ее максимально возможного развития, тогда как достижение всеобщего стало уже реально осуществимым при ее минимальном развитии.

«Смешанные» группы включают в себя первичные группы полных аналогов на правах подгрупп. Но и «смешанные» группы и входящие в них подгруппы представляют собой то, что мы называем «особенным» у элементов. Характер же этого «особенного» в обоих случаях различен. Группы полных аналогов составляются при помощи простейших логических приемов обобщения; здесь учитывается только сходство в качественном отношении при различии количественных значений физических свойств (атомных весов, удельных весов, температур плавления и кипения и т. д.). При наличии качественной общности количественные различия у членов группы не мешают образованию всей данной группы.

Напротив, «смешанные» группы, поскольку они включают наряду с полными также и неполные аналоги, уже не могут быть составлены с помощью тех же простейших логических приемов обобщения. Здесь уже нет полного качественного

химического сходства между обеими подгруппами, а, напротив, имеется явное качественное различие; различие проявляется и в тех же количественных значениях физических свойств, как и у полных аналогов; объединяющим же началом является наличие общности только некоторых свойств, как например форм соединений (т. е. атомности).

Для того чтобы раскрыть эту общность, выступающую как общность более сложного порядка, нежели в случае полных аналогов, необходимо применение соответственно более сложных и совершенных логических приемов обобщения. Такие приемы, называемые нами «методом обобщения», вырабатываются и применяются лишь на более высокой ступени познания, при переходе от особенности ко всеобщности. Вот почему составление «смешанных» групп, как более сложного выражения особенности у химических элементов, смогло быть доведено до конца лишь после открытия периодического закона (всеобщего), в порядке дальнейшей разработки и усовершенствования общей системы элементов. Попытки же образовать такого рода «смешанные» группы до раскрытия всеобщего, не опираясь на уже познанное всеобщее, неизбежно привели бы к лишним осложнениям, к задержке открытия всеобщего, а тем самым и к задержке составления самих этих «смешанных» групп.

Методологический анализ нижней таблички и полной черновой таблицы показывает, что Дм. Ив. уже с самого начала составления общей системы элементов столкнулся с фактом существования не только групп полных аналогов (особенное), но и неполных аналогов, что приводило к необходимости, казалось бы, сразу же составлять «смешанные» группы (особенное, как бы двустепенное, или особенное в особенном). Когда Дм. Ив. ставил  $V=51$  между  $P=31$  и  $As=75$ , то по сути дела он пытался проверить, нельзя ли прийти к открытию всеобщего (к составлению общей системы), отправляясь не непосредственно от особенного (от групп полных аналогов), а так, чтобы одновременно включать одно особенное, более простое, в другое особенное, более сложное.

То же самое происходило и в случае приписывания  $Ti=50$  к  $Si=28$ ,  $Zr=90$  к  $Sn=118$  и т. д.

Однако Дм. Ив. полностью отказался от всего этого и построил свою систему (всеобщее) непосредственно и только из групп полных аналогов (из особенного в его наипростейшей форме). Гениальность Дм. Ив. сказалась, между прочим, и в том, что он сумел среди множества возникавших перед ним путей, приводивших к открытию всеобщего, найти самый прямой и короткий, а потому и наиболее быстро реализуемый путь.



Но не всегда достижение особенного в его более сложной форме и, в частности, не всегда раскрытие особенного в особенном можно было отложить до той стадии, когда уже познано всеобщее. Если успешное образование «смешанных» групп можно и нужно было осуществить после открытия периодического закона, с его помощью и на его основе, то нельзя этого сказать в отношении семейств Fe, Pt и Pt. Методологический анализ нижней таблички, в которую были включены в разных ее местах Fe и Pt, и особенно полной черновой таблицы показывает, что достижение всеобщего (общей системы) было бы невозможно без предварительного составления из этих трех семейств (особенного) единой группы путем приведения их во взаимную связь (особенное в особенном).

Первоначально на полях полной черновой таблицы были записаны разобщенно все три семейства; при этом каждое из них в отдельности бралось уже как нечто целое. Это показывает, что особенное, так сказать, первого порядка было уже найдено и зафиксировано. Однако в отличие от групп полных аналогов включать эти семейства (особенное первого порядка) сразу в общую систему было невозможно без предварительного объединения их в особую (будущую 8-ю) группу (особенное второго порядка).

В самом деле, семейство Fe, оказавшееся в верху таблицы, стояло вначале совершенно обособленно от остальных двух семейств. Затем с ним было отчасти сближено семейство Pt, однако ненадолго: наметившаяся была связь между обими семействами была тут же нарушена вследствие перенесения семейства Fe в низ таблицы.

Семейство же Pt с самого начала было поставлено в полной изоляции от обоих предыдущих, на правом краю системы, в ряду C.

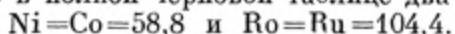
Итак, всюду, где для восхождения к всеобщему в качестве необходимой предпосылки требовалась достройка особенного, Дм. Ив. эту достройку осуществлял, не останавливаясь перед тем, чтобы предварительно включать особенное в особенное, как это имело место при составлении частичной таблички из трех семейств. И действительно, если семейства представляют собой первичную ячейку (или простейшего рода особенное), то группа объединенных семейств — это в буквальном смысле слова особенное, включающее в себя другое, более простое особенное.

Образование частичной таблички из этих трех семейств (будущей 8-й группы) и последующее подключение ее как целого к основной таблице явилось блестящим примером того, как Дм. Ив. довел до конца разработку особенного (путем включения особенного в особенное), поскольку в данном слу-

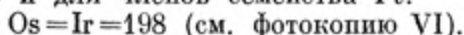


чае иначе был бы невозможен переход от ступени особенности на ступень всеобщности.

Заметим, кстати, что одну из особенностей, общую для этих семейств, еще до объединения их в общую группу Дм. Ив. (хотя и неправильно) видел в том, что здесь два члена семейства, обладающих якобы одинаковыми атомными весами, могут становиться на одно место. Так он симметрично записал первоначально в полной черновой таблице два равенства:



Позднее, во втором варианте системы, он принял аналогичное равенство и для членов семейства Pt:



Попробуем теперь подойти с более общей методологической точки зрения ко всему творческому процессу открытия периодического закона. Представим себе следующую ситуацию: имеются отдельные, разобщенные, никуда еще не поставленные и ни с чем еще не связанные элементы. Это — единичное в его чистом виде (не поднятое даже до особенного). Возникает вопрос: как быть с этим «единичным», когда уже началось движение от особенного ко всеобщему в познании химических элементов?

Дм. Ив. логически находит и последовательно проводит следующее решение: ни в одном случае не переходить от единичного непосредственно ко всеобщему, минуя или перескакивая через особенное, а, напротив, сначала испробовать все возможности для его включения в особенное (в ту или иную группу); когда же особенное будет построено, т. е. когда единичное найдет свое место в особенном (в группе), то вместе с особенным оно будет включено во всеобщее (в систему).

Короче говоря, Дм. Ив. на деле, не отдавая себе, конечно, отчета в том, какими логическими приемами он оперирует, и не пользуясь соответствующей терминологией, строго придерживался последовательности — подниматься от единичности к особенности и через особенность двигаться дальше к познанию всеобщности.

Это можно показать также на примере включения в таблицу Tl и Pb.

Если же, несмотря на все, попытки найти место единичного (отдельного элемента) в особенном (в определенной группе) кончались неудачей, Дм. Ив. вообще на время отказывался от включения этого единичного во всеобщее, поскольку такое включение не могло быть осуществлено через особенное. Так это имело место в случае «сомнительных» элементов: не найдя для них места в каких-либо известных уже группах и отказавшись от мысли образовать из них новые группы, Дм. Ив.

вынес их по сути дела за границы своей системы (т. е. поставил их вне всеобщего до тех пор, пока для них не будет определена их связь с особенным).

Что касается Pb и Tl, то первоначально в нижнем списке безместных тяжелых металлов они были записаны особняком. Затем Дм. Ив. подключил их к группе Ca (Pb) и группе Na (Tl). Включение Pb в группу щелочноземельных металлов прошло и ту стадию, когда для этих металлов Дм. Ив. на минуту принял не их истинные атомные веса, а эквивалентные веса, беря их под знаком вопроса. Соответственно этому в один ряд с ними под группой Ca был записан и Pb? 103.

Основанием для такого подключения Pb к группе Ca служило то, что в своей низшей степени окисления (PbO) он двуатомен (двувалентен) подобно щелочноземельным металлам, причем PbO по своим свойствам сходно с BaO.

Точно так же Tl в низшей степени окисления (TlO) сходен с окисями щелочных металлов.

Но уже данные об атомных объемах для каждой из названных групп показали неестественность такого рода включения обоих металлов в названные группы. Так, например, Дм. Ив. еще летом 1869 г. записал следующий ряд [8, 78]:

| Ca   | Sr   | Ba   | Pb    |
|------|------|------|-------|
| 25,8 | 34,3 | 34,2 | 18,2. |

Из этого ряда постепенно возрастающих атомных объемов резко выпадает Pb.

То же самое касается и Tl. Для щелочных металлов Дм. Ив. составил следующий ряд атомных объемов [8, 80]:

| Li   | Na   | K    | Rb    |
|------|------|------|-------|
| 11,8 | 23,7 | 44,8 | 56,1. |

В этот ряд быстро возрастающих значений атомных объемов совершенно не подходит Tl с его атомным объемом = 17,2. Вот почему уже в августе 1869 г. Дм. Ив. перестал включать Tl в группу Na, а Pb — в группу Ca.

В октябре 1869 г. было найдено другое место для названных двух металлов в соответствии с их высшей (а не низшей, как это было раньше) атомностью. Соответственно этому Tl, дающий соединения типа  $TlX_3$ , попадал в группу трехатомных элементов B — Al, а Pb, дающий «перекись»  $PbO_2$ , становился аналогом Sn.

Таким образом, первоначальное размещение Pb и Tl в «Опыте системы элементов» оказалось неточным, подобно тому как это случилось и с Uг и Au. Однако для нас важно сейчас отметить другое: как и в случае Uг и Au, так и в случае Pb

и Тl нельзя было включать единичное (отдельные, изолированно стоящие элементы) прямо и непосредственно во всеобщее (в систему). Надо было предварительно найти для них место в особенном (в какой-то определенной группе) и только тогда включать их в систему. Это и делает Дм. Ив.

В дальнейшем уже через познанное всеобщее происходило уточнение и корректирование особенного: Рb и Тl выпадают из ряда элементов, атомные объемы которых закономерно изменяются в зависимости от атомных весов (август 1869 г.) и находят свое естественное место в других группах, в соответствии с максимальной атомностью соляных окислов, т. е. максимальной валентностью по кислороду (октябрь 1869 г.).

Особый интерес представляют с этой точки зрения попытки Дм. Ив. найти место для In.

Еще в нижней табличке Дм. Ив., считая In двуатомным (InO), сделал попытку поместить его в группу Mg. Таковую же попытку он повторил и в полной черновой таблице. Однако такому помещению противоречило принятое значение атомного веса In.

Вслед за тем, сообразуясь с величиной атомного веса (но уже не с атомностью), Дм. Ив. делает попытку поместить In в группу В — Al, на свободное место над Zn (это место будет отведено потом для экаалюминия).

Кроме того, очевидно в поисках возможного места для In в других группах, Дм. Ив. на полях черновой таблицы произвел расчет для неизвестного элемента  $x$  с предполагаемым атомным весом 72 (т. е. таким, каким, по первоначальным представлениям, обладал In=72). Но этот элемент  $x$  оказывался в группе С, в которую In явно не мог войти (место  $x$  в группе С Дм. Ив. отвел впоследствии экасилицию).

В 1870 г. выяснилось, что In относится к группе В — Al и что он является трехатомным элементом. Когда же Дм. Ив. делал попытку включить In в эту группу, то он оставлял его атомность без изменения, т. е. равной двум. Поэтому In и не мог найти своего места в этой группе ни по своей атомности, ни по своему, даже уточненному, атомному весу (In=75,6).

Для того, чтобы поместить In в группу В — Al, надо было принять формулу для его окиси In<sub>2</sub>O<sub>3</sub> вместо InO. Соответственно с этим его атомный вес увеличился бы в полтора раза: с 75,6 до 113,4. В таком случае In мог бы занять место между Cd=112 и Sn=122.

Однако 17 февраля 1869 г., т. е. только незадолго перед тем, на это место был поставлен Ur; поэтому отпадала возможность на том этапе открытия периодического закона включить In в группу В — Al. Только осенью 1870 г. Дм. Ив. включает

In в эту группу; это было спустя год с лишним после того, как с указанного места был снят Uг [8, 104—107].

Не найдя места для In ни в одной из групп, Дм. Ив. в конце концов при завершении «Опыта системы элементов» вынес In за пределы системы. Он поставил его над Yt и Er, рядом с Th, которые также не нашли своего места в какой-либо из групп элементов и оказались вынесенными за пределы системы элементов.

Такой итог свидетельствовал о следующем: поскольку данное единичное не находит своего определенного места в особенном, оно не может быть включено и во всеобщее, хотя подчиненность его всеобщему не подлежит ни малейшему сомнению; только вследствие своей малой изученности еще не был тогда найден конкретный способ для того, чтобы включить это единичное — через особенное — во всеобщее.

Так Дм. Ив. применял метод обобщения при открытии периодического закона, т. е. при переходе со ступени особенности на ступень всеобщности в познании химических элементов. Подробное рассмотрение используемых при этом приемов раскрывает внутренний «механизм» перехода от особенного ко всеобщему в познании элементов.

## 2. Соотношение различных сторон развития научной мысли, различных логических приемов в методе обобщения

### *(Анализ и синтез)*

Развитие научного познания, идущего от единичного через особенное ко всеобщему, может быть охарактеризовано в соответствии с тем, как логически соотносятся между собою различные звенья в общей цепи поступательного движения научной мысли.

Если совокупность всех взаимосвязанных элементов, равно как и их общую систему принять за *целое* (в соответствии с действительностью), то тогда разбивку элементов на различные обособленные между собою группы мы можем рассматривать как деление целого на *части*.

В таком случае переход от отдельных, обособленных групп к общей системе выступит как переход от анализа к синтезу; напротив, вычленение, или выделение, из общей уже созданной системы отдельных групп элементов, подобных «смешанной» группе  $Mg+Ca$ , будет означать обратное движение от синтетического подхода к аналитическому.

Таким образом, соотношение и взаимосвязь анализа и синтеза, как логических, познавательных приемов исследования, отражает ту сторону развития научной мысли и научного

открытия, когда мысль движется от познания части к познанию целого (синтез) или же — от целого к части (анализ).

По сути дела вся стадия разбивки элементов на их естественные группы представляет собою стадию анализа, если ее рассматривать по отношению ко всей совокупности химических элементов. Но вместе с тем, если ее брать по отношению к отдельным изолированным элементам, она выступает уже как подготовка перехода к синтезу через объединение элементов в некоторые новые единицы — группы, из которых, как из строительных кирпичей, в дальнейшем можно будет строить здание целостной, охватывающей все элементы системы, т. е. осуществить теоретический синтез.

Говоря иначе, поскольку элементы *разбиваются* на *обособленные* группы, постольку преобладающим на данной ступени познания химических элементов является аналитический подход к ним; поскольку же они *объединяются* между собою, хотя бы частично, в отдельные комплексы, выступает уже тот момент, когда на стадии анализа начинается подготовка к синтезу, формируются необходимые предпосылки для синтеза.

Соответственно этому само общее выступает существенно по-разному на ступени анализа и на ступени синтеза. На ступени анализа оно выражает общие черты или признаки одной группы вещей в ее обособлении от других групп, т. е. общее здесь рассматривается как нечто противостоящее другому общему же.

На ступени синтеза, напротив, общее выступает как нечто цементирующее то, что иначе осталось бы разрозненным, разобщенным. Дм. Ив. поэтому говорит о «связующем общем» [2, 357]. Оно выступает здесь как единство во множественном. В своем «Фарадеевском чтении» Дм. Ив. говорил:

«Естествознание нашло, после великого труда исследований, индивидуальность химических элементов, и потому оно может ныне не только анализировать, но и синтезировать, понимать и охватывать как общее, единое, так и индивидуальное, множественное .. Химия нашла ответы на вопросы о причине множества, и она, держась понятия о многих элементах, подчиненных дисциплине общего закона, указывает выход из индийского исчезания во всеобщем, дает свое место индивидуальному. Это место индивидуальности притом столь ограниченно охватывающим, всесильным — всеобщим, что составляет не более, как точку опоры для того, чтобы понять множество в единстве» [2, 356—357].

Позднее, в статье «Вещество», Дм. Ив. подчеркивал ту мысль, что общее (например, общий закон природы или теория, отражающая общие стороны у изучаемых вещей) связывает разрозненное, раскрывает и выражает их внутреннее единство:

«Гипотеза атомизма скрепляет отрывочное эмпирическое знание химических наук в такой же мере, как уверенность во всеобщности общих законов природы...» [2, 383].

В ходе открытия периодического закона и создания системы элементов выпукло проявилась взаимосвязь между синтезом и анализом в познавательном процессе — подготовительная функция анализа и заключительная — синтеза.

Когда анализ осуществлен неполностью, когда он не доведен до конца, — синтез становится затруднительным, а иногда даже невозможным. Если же анализ вообще отсутствовал или был проведен неверно, то возможность синтеза на такой основе исключается вовсе; ибо синтез есть *восстановление* целого после того, как это целое было разобрано, разъединено посредством анализа. Анализ готовит для синтеза те кирпичи, тот строительный материал, из которого затем мысленно возводится (синтезируется) целое как соединение многих, ранее разобщенных между собою определений, черт, сторон, свойств и т. д.

Отвергая неверное, одностороннее утверждение, будто сущность *всякого* мышления состоит лишь в том, что оно объединяет элементы сознания в некое единство, Ф. Энгельс писал:

«...Мышление состоит столько же в разложении предметов сознания на их элементы, сколько в объединении связанных друг с другом элементов в единство. Без анализа нет синтеза»<sup>1</sup>.

Проследивая процесс открытия периодического закона, мы наглядно убеждаемся в том, как гибко и быстро творческая мысль Дм. Ив. выполняла задачу сочетания обоих приемов, или способов, мышления, или, лучше сказать, обоих подходов к изучению химических элементов: аналитического и синтетического.

Основной задачей с самого начала был синтетический охват всех элементов в единую систему, вытекавший из того, что в этот момент совершался переход в познании элементов от степени особенности на ступень всеобщности. При этом Дм. Ив. тщательно выяснял, в какой мере в каждом пункте создаваемой системы предшествующий анализ действительно подготовил возможность осуществления синтеза разрозненных групп в единое целое (в их систему).

Когда это было выполнено правильно и естественно, т. е. сообразно внутренней природе самих элементов, входящих в данную группу, и тем отношениям в их атомных весах, которые обнаруживают члены одной и той же группы (или семейства), то строительный материал, подготовленный предшествующим анализом, оказывался подходящим для воздвигаемой системы, т. е. для начавшегося уже осуществляться синтеза.

<sup>1</sup> Ф. Энгельс, *Анти-Дюринг*, 1953, стр. 40.



Но если группы были составлены неполностью, т. е. если анализ не был доведен до конца, или же если они были составлены вообще неправильно, неестественно, то в ходе синтеза это быстро обнаруживалось. Невозможность осуществления синтеза в данном пункте развертывающегося открытия как раз и свидетельствовала о том, что в этом как раз пункте предшествующий анализ не выполнил по той или иной причине своей функции подготовки последующего синтеза.

Как же поступал в таком случае Дм. Ив.? Не прерывая всего творческого акта, т. е. не прекращая ни в одном пункте начавшегося синтеза, он попутно ради осуществления этого синтеза доводил до конца оказавшийся неполным анализ; с этой целью он пополнял группы элементов теми элементами, которые оставались до тех пор вне групп.

Если же анализ был вообще проведен неудачно, неправильно, если он не вскрывал естественных связей между теми элементами, которые должны были действительно составить одну группу, а навязывал им искусственные или случайные связи, то Дм. Ив., опять же опираясь на совершаемый им синтез и отходя от него, пересматривал результаты анализа, переделывал их, а иногда проводил заново весь этот анализ с самого начала.

И делал он это, уже не отделяя стадии анализа от стадии синтеза, а подчиняя первую — второй или как бы включая первую во вторую. Включение анализа в синтез, или, лучше сказать, восполнение и исправление в ходе синтеза необходимых для него логических предпосылок, которые не успели выработаться полностью в ходе предшествующего исторического развития познания в качестве предварительных условий для синтеза, — таково одно из существенных проявлений метода обобщения в научном творчестве Дм. Ив.

Уже значительно позднее, в своем «Исследовании водных растворов по удельному весу», Дм. Ив. указывал, в каком соотношении должны находиться в научном исследовании оба подхода — аналитический и синтетический: «Надо искать в окружающем тех сторон, которые, подчиняясь анализу, способны вести к синтезу, иначе будет бесплодная трата времени и силы» [2а, 20].

История создания системы элементов и открытия периодического закона служит хорошей иллюстрацией к известной характеристике одной из черт диалектического метода, данной В. И. Лениным:

«...соединение анализа и синтеза, — разборка отдельных частей и совокупность, суммирование этих частей вместе»<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> В. И. Ленин, *Философские тетради*, 1947, стр. 193.



Как мы видели, завершение разборки отдельных частей происходило уже в момент открытия периодического закона, т. е. одновременно с их суммированием, более того, оно было вызвано именно необходимостью довести до конца их суммирование. Затрудненность или невозможность суммирования непосредственно указывало на неполноту или неудачность предшествующей разборки, заставляя тем самым мысль Дм. Ив. постоянно возвращаться к задаче анализа при выполнении синтеза.

Здесь мы видим, что полнота синтеза зависела от *полноты анализа*, а успешность синтеза — от *точности анализа*.

Анализ и синтез выступали у Дм. Ив. в их внутреннем единстве: завершение разборки производилось именно для того, чтобы тут же собрать разобранное, включить его как часть в целое. Следовательно, здесь анализ выступал лишь как необходимый момент синтеза.

Когда впоследствии Дм. Ив. начал образовывать «смешанные» группы, соединяя воедино полные и неполные аналоги, здесь уже настолько тесно переплелись оба приема, что трудно было сказать, где кончается анализ и где начинается синтез. С одной стороны, это был несомненный анализ, так как целое (система и общая связь всех элементов) здесь расчленялось на его отдельные части (группы); но, с другой стороны, эти части брались уже не как нечто самостоятельное, обособленное, т. е. не так, как рассматривались отдельные группы элементов до открытия периодического закона, а именно как моменты целого, неотделимые от целого и рассмотренные в их связи с целым.

Здесь сказалось то взаимоотношение между частью и целым, которое было подмечено еще Аристотелем. В. И. Ленин записал соответствующую аристотелевскую мысль:

«...отдельные члены тела лишь в своей связи суть то, что они суть. Рука, отделенная от тела, лишь по названию рука (Аристотель)»<sup>1</sup>.

Очень важно отметить, что ни здесь, ни в других случаях Дм. Ив. не считает, что анализ может сам по себе исчерпать весь процесс познания. Напротив, только в единстве с синтезом, играя роль подготовки для этого последнего, анализ может полностью выполнить свою познавательную функцию. Задержка на стадии анализа, а тем более абсолютизирование его ведет к созданию серьезных препятствий на пути к синтезу, ибо по сути дела снимает самую задачу синтеза.

В итоге получается то, что именуется метафизикой, когда из-за деревьев не видят леса, т. е. когда за частностями те-

<sup>1</sup> В. И. Ленин, *Философские тетради*, 1947, стр. 175.

ряется из виду целое. В статье «Об единице» Дм. Ив. писал о единице как о понятии, рожденном из аналитического расчленения той или иной целостной совокупности. В ее изоляции единица вообще не существует, а существует она лишь как входящая в известную совокупность, общность.

Критикуя по сути дела метафизический взгляд на вещи (хотя и не пользуясь таким термином), Дм. Ив. писал:

«Единицу мало понимали до сих пор, ею увлеклись, из-за частей не видели целого...» [5а, 243].

История открытия периодического закона показывает, как Дм. Ив. на деле, в ходе научного творчества предупреждал и преодолевал такой ограниченный взгляд на вещи. В своем «Фарадеевском чтении» он отмечал, что периодическая законность «имела под собою к 60-м годам подготовленную почву и если высказана с определенностью лишь к концу 60-х годов, то этому причину, по моему мнению, должно искать в том, что сравнению подвергали только элементы, сходственные между собою» [2, 350].

Что это значит? А то, что причину задержки открытия периодического закона по крайней мере на целое десятилетие Дм. Ив. видел в отказе химиков от идеи общего синтеза всех элементов (т. е. в сличении групп несходных элементов). Ведь ограничиться сравнением лишь «сходственных элементов» означало остановиться на стадии разделения всей совокупности элементов на обособленные группы, составленные из сходных элементов, т. е. по сути дела на стадии анализа.

### **3. Соотношение различных сторон развития научной мысли, различных логических приемов в методе обобщения**

#### *(Индукция и дедукция)*

Метод обобщения имеет и другие стороны, связь и единство которых проявились в ходе открытия периодического закона не менее ярко, чем в случае анализа и синтеза. Мы имеем в виду прежде всего логические приемы индукции и дедукции.

Подобно тому как синтез дополнялся все время анализом по ходу открытия периодического закона, так индукция все время дополнялась дедукцией. Путь познания оказывался здесь двояким: и индуктивным и дедуктивным. Тем самым обосновывается положение Дм. Ив., что найденное индуктивным путем подвергается уже затем дедуктивной обработке [1, 405].

Под индуктивным путем понимается заключение, идущее от частного к общему, а под дедуктивным — от общего к частному.

Следовательно, всюду где Дм. Ив. переходил от разрозненных элементов к группам, т. е. всюду, где он составлял из отдельных элементов новые группы или включал одиночные элементы в известные уже группы, он шел индуктивным путем. То же, но лишь отчасти, происходило и при получении общего вывода из сопоставления частного (групп) в одно целое. Иначе говоря, синтез сопровождался также индукцией.

Но хотя открытие общего закона совершалось на основании сопоставления частного (групп), и в этом отношении это открытие можно трактовать в известной степени как переход от частного к общему, но тем не менее это не было, строго говоря, индуктивным умозаключением, а более сложным, ибо общее выступало здесь как закономерная *связь* между частным, а не просто как наличие общего свойства у ряда отдельных вещей, как это наблюдалось при обнаруживании индуктивным путем общих свойств рода у всех его видовых представителей (например, зеленых листьев у клена, дуба, березы и других лиственных деревьев).

Переход от частного (от групп) к общему (к системе) не был у Дм. Ив. простым индуктивным переходом, ибо общность делаемого вывода раскрывалась отнюдь не путем простого сличения все большего числа отдельных предметов (групп) с целью обнаружения у них общих признаков [доп. 60]. Речь шла, между прочим, и о том, что сами признаки, по которым составлялась система, *выявлялись лишь в момент включения частного в общее*.

Таковыми признаками было, например, наличие закономерной разности  $\Delta$  в атомных весах у двух смежных (т. е. уже сопоставленных) групп; например, у пары групп — Са и Na — эта разность колебалась от 1 до 4; у другой пары групп — Na и Cl — она колебалась от 4 до 6 и т. д.

Но ведь признак такого рода разности в атомных весах не присутствует у отдельной группы, взятой самой по себе, обособленно от других групп, т. е. взятой только как нечто частное; он выявляется лишь в тот момент, когда это частное начинает связываться с другим таким же частным в нечто общее, т. е. когда частное уже перестает быть, собственно говоря, частным.

Очевидно, что приемы индукции (от частного к общему по способу «присутствия» и т. д.) здесь уже не годятся, и переход к общему осуществляется более сложными и содержательными логическими приемами обобщения, свойственными всякому теоретическому синтезу, всякому переходу от особенности ко всеобщности.

Точно так же нельзя назвать обычным дедуктивным умозаключением подход к частному (к отдельной группе или отдель-

ному элементу) с позиции общего (закона): хотя здесь, несомненно, есть движение познания от общего к частному, сопровождаемое дедуктивными формами умозаключения, однако и здесь дедукция составляет лишь момент всего движения мысли, подобно тому как индукция составляла лишь момент движения мысли от частного (групп) к общему при открытии периодического закона.

Дедуктивные приемы выступают везде и всегда, как только начинается корректирование особенного (например, изменение состава группы) и единичного (например, изменение формулы окисла и соответственно величины атомного веса у отдельного элемента) при опоре на всеобщее (на периодический закон) и через всеобщее. Всякая «рефлексия» со стороны всеобщего на единичное и особенное предполагает уже применение дедуктивных приемов, подобно тому как всякое восхождение от отдельного к общему включает в себя момент индуктивных выводов, хотя и не сводится к нему.

Рассмотрим несколько примеров того, как Дм. Ив. в день 17 февраля 1869 г. оперировал индукцией и дедукцией и в их взаимном дополнении, в их переплетении между собой.

Когда в верхней табличке Дм. Ив. подписал под группой N группу Cu, то он нашел следующие разности  $\Delta$  в атомных весах:

$$\begin{array}{rcl} N = 14 & P = 31 & \begin{array}{l} As = 75 \\ Cu = 63 \\ \hline \Delta = 12 \end{array} \quad \begin{array}{l} Sb = 122 \\ Ag = 108 \\ \hline \Delta = 14 \end{array} \end{array}$$

В среднем получилось  $\Delta = 13$ .

Если ограничиться только данной парой естественных групп, то можно сказать, что до сих пор Дм. Ив. идет индуктивным путем: он сопоставил сначала Cu с As, затем — Ag с Sb и после этого сделал следующий вывод: каждая пара членов, один — из группы Cu, другой — из группы N, дает разность  $\Delta$  в атомных весах, близкую к 13.

Но сейчас же вслед за этим выводом Дм. Ив. прибегнул к дедуктивному умозаключению, цель которого была двойкой:

1) проверить правильность сделанного перед этим общего индуктивного умозаключения;

2) расширить это общее умозаключение, подведя под него новые частные случаи.

Именно так, а не иначе поступает Дм. Ив., когда он ставит  $N=1$  под  $N=14$ , включая N в группу Cu. Ход рассуждения его при этом таков: если вывод, полученный индуктивным путем ( $\Delta=13$ ), верен, то он должен быть верен и для всех остальных, еще не учтенных и не охваченных этим общим выводом частных случаев. А существование таких не учтенных еще частных случаев можно предполагать, так как существуют начальные члены

у группы азота ( $N=14$ ,  $P=31$ ); почему, спрашивается, их не должно быть и в группе  $Cu$ ?

Если допустить это, то уже дальше приемами дедукции можно произвести первую разведку и попытаться разыскать эти отсутствующие члены из группы  $Cu$ . Так Дм. Ив. и поступает. Он принимает за уже установленное общее положение существование разности  $\Delta$ , равной 13, и отсюда заключает, что не учтенные еще члены группы  $Cu$  должны иметь следующие атомные веса:

$$\begin{array}{rcl} N = 14 & P = 31 & \\ \Delta = 13 & \Delta = 13 & \\ \hline ? = 1 & ? = 18 & \end{array}$$

Известны или неизвестны элементы с такими атомными весами из группы  $Cu$  — это должно решить дальнейшее исследование. Пока же можно заключить при помощи дедукции только одно, что если они действительно существуют и если верно, общее положение, что в данном случае разность  $\Delta=13$ , то искомые два элемента из группы  $Cu$  должны обладать атомными весами  $?=1$  и  $?=18$ .

Если такие элементы обваружатся, то, очевидно, это будет служить подтверждением правильности общего вывода, что здесь  $\Delta=13$ . Тем самым дедукция послужит реально дополнением и проверкой индукции, более того, расширением поля ее приложения.

Элемент с атомным весом  $=1$  известен. Это — Н. Разность между атомными весами у  $N$  и  $H$  равна 13, т. е. как раз такая, как у других членов данной же пары групп. Поскольку  $N$  относится к группе  $P$ ,  $As$  и  $Sb$ , будучи ее начальным членом, то можно допустить, что  $H$  должен относиться к группе  $Cu$  и  $Ag$ , также представляя собой ее начальный член.

Этот вывод чисто дедуктивный: от общего признака к частному, т. е. от установления общей разности  $\Delta$  для каждой пары членов обеих групп к подведению под эту разность еще одного отдельного случая ( $N - H=13$ ).

В итоге здесь дедукция на деле дополнила, проверила и расширила то, что было получено с помощью индукции.

Но другой элемент с атомным весом 18, который мог бы подойти к группе  $Cu$ , неизвестен. Поэтому в данном случае дедуктивный вывод остался на уровне гипотезы, выведенной из общего положения ( $\Delta=13$ ). Это, по-видимому, первая попытка делать предсказание неизвестного частного, исходя из уже известного общего.

Точно на такой же логической основе строится другое предсказание Дм. Ив. относительно гипотетического галоида  $?=3$  в нижней табличке.

Индуктивным путем выясняется, что разность  $\Delta$  для  $N - F$ ,  $K - Cl$  и  $Rb - Br$  равна примерно 4. Один лишь  $Li$  остается без напарника. Отсюда дедуктивным путем высказывается предположение, что должен быть галлоид с атомным весом  $=3$ , ибо должно соблюдаться общее соотношение:

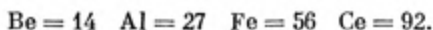
$$\begin{array}{r} Li = 7 \\ \Delta = 4 \\ \hline ? = 3 \end{array}$$

Однако в обеих неполных табличках дедуктивные выводы делаются весьма неточно, ибо в качестве *общего* служат здесь признаки отдельных групп, но еще не общего закона. Поэтому оба приведенных только вывода (дающие  $? = 18$  и  $? = 3$ ) были по сути дела неверными.

С момента открытия периодического закона как общего положения дедуктивная мысль могла опереться на несравненно более твердую и прочную основу для того, чтобы показывать рефлексию общего на частное. Это мы и видим в полной черновой таблице.

Поскольку познанное общее стало теперь несравненно более широким, а главное — более достоверным, постольку выводы из него приобретали соответственно значительно более ценное познавательное значение. Исходя из общего закона, Дм. Ив. мог теперь дедуктивным способом проверять, насколько правильно были сделаны до сих пор менее общие выводы с помощью одной лишь индукции. При этом если установленные ранее индуктивным путем связи оказывались на проверку искусственными, случайными, не отвечающими общему закону, то они разрушались при помощи дедукции.

Так, в свое время индукция привела к образованию группы трехатомных земельных элементов (см. верхнюю строку в нижней табличке):



Но периодический закон *исключал* возможность помещения в общую систему элемента со свойствами  $Be$  и с атомным весом  $=14$ . Все соответствующие места в системе были уже заняты вполне естественным образом следующими элементами:

$$C = 12, \quad N = 14, \quad O = 16.$$

С точки зрения общего закона в данных местах таблицы должны были стоять (и уже стояли) *неметаллы*, тогда как  $Be$  — металл, хотя и не очень активный.

Ставить же  $Be=14$  над  $Li=7$ , как это сделано в нижней табличке и в полной черновой таблице, значило бы нарушить последовательность в изменении атомных весов, так как тогда

над  $Be=14$  становились бы не более тяжёлые, а более лёгкие элементы ( $B=11$ ,  $C=12$ ). А это также исключалось, поскольку противоречило уже найденной общей закономерности.

Точно так же, исходя из общего, нельзя было  $Al=27,4$  ставить непосредственно над  $Na=23$ , в то время как  $Mg=24$  оказывался стоящим ещё выше; этим также нарушалась последовательность в изменении атомных весов.

Наконец, такое же нарушение вызывало помещение  $Fe=56$  непосредственно над  $K=39$ , а  $Se=92$  непосредственно над  $Rb=87,8$ .

В итоге искусственно созданная при помощи односторонней индукции, но никак ещё не проверенная до тех пор дедуктивным путем группа  $Be - Al - Fe - Se$  распалась, так как она, как частное, не могла быть выведена никоим образом из общего.

Здесь происходило по сути дела то же, что и в сфере других областей науки, например биологии. Ф. Энгельс отмечал в отношении биологии второй половины XIX в., что это был «тот самый момент, когда *результаты* индукции — классификации — повсюду поставлены под вопрос... и когда ежедневно открываются новые факты, опрокидывающие *всю* прежнюю индуктивную классификацию. Какое прекрасное подтверждение гегелевского положения о том, что индуктивное умозаключение по существу является проблематическим!» «Если бы индукция была действительно столь непогрешимой, то откуда взялись бы стремительно опрокидывающие друг друга перевороты в классификациях органического мира? Ведь они являются самым подлинным продуктом индукции, и тем не менее они уничтожают друг друга»<sup>1</sup>.

То же касается некоторых других индуктивных умозаключений, с помощью которых, например,  $Ug$  и  $Au$  были включены в группу  $B - Al$ , а  $Pb$  и  $Tl$  — соответственно в группу  $Ca$  и в группу  $Na$ .

Все эти включения производились на основании установления общности некоторых свойств у данных элементов, например сходства  $Al_2O_3$  с  $Fe_2O_3$ , приписывания окиси  $Be$  формулы  $Be_2O_3$ , сходства между  $PbO$  и  $BaO$ , между  $Tl_2O$  и  $Na_2O$ , приписывания окиси урана формулы  $U_2O_3$ , подобной  $B_2O_3$  и  $Al_2O_3$ , и т. д.

С формальной стороны дело обстояло как будто благополучно: сначала констатировалась общность в некоторых свойствах, затем эти общие свойства объявлялись признаком данной группы, наконец, в данную группу включались и другие элементы, обладавшие теми же общими свойствами.

<sup>1</sup> Ф. Энгельс, Диалектика природы, 1955, стр. 180, 181.



По существу же оказывалось, что один индуктивный путь без его проверки с помощью дедукции, причем дедукции, опирающейся на знание общего закона, не давал никакой уверенности в истинности сделанного обобщения.

Идя после февраля 1869 г. от общего закона к частным отношениям элементов внутри отдельных групп (внутри частного), Дм. Ив. смог этим дедуктивным путем исправить те неточности, в которых сказалась неполнота и односторонность индуктивного метода. Именно так были дедуктивным путем уточнены места в группах, а тем самым в общей системе таких элементов, как Pb, Tl, Au, Uг, Hg, и некоторых других.

Соединение индукции с дедукцией и их комбинированное применение сказались в день 17 февраля 1869 г. у Дм. Ив. особенно ярко на примере Be. Как уже говорилось выше, индуктивный путь привел к приписыванию окиси Be формулы типа глинозема и к сопоставлению  $\text{Be}_2\text{O}_3$  с  $\text{Al}_2\text{O}_3$ . В таком случае атомный вес  $\text{Be}=14$ . Но для  $\text{Be}=14$  не открывалось свободного места в общей системе.

Зато, идя от общего (периодического закона) к частному, можно было предложить для Be свободное место в группе  $\text{Mg} - \text{Zn} - \text{Cd}$ , между  $\text{B}=11$  (сверху) и  $\text{Li}=7$  (снизу). По сути дела это и было то место (над Li, под B), на которое Дм. Ив. сначала хотел было поставить  $\text{Be}=14$ , но включал его при этом не в группу Mg, а в «сомнительную», искусственно созданную группу земельных металлов ( $\text{Al} - \text{Fe}$ ) (см. нижнюю неполную табличку).

Если теперь, исходя из *общего* (т. е. из закона), поставить Be на первое место в группе Mg, то дедуктивным путем надо приписать его окиси формулу не типа глинозема, а типа магнезии —  $\text{BeO}$  и тем самым сопоставить  $\text{BeO}$  с  $\text{MgO}$ . Еще И. В. Авдеев (1842 г.) предложил для окиси Be форму  $\text{BeO}$ .

Тогда атомный вес Be должен быть уменьшен в полтора раза, с 14 до 9,4, а  $\text{Be}=9,4$  вполне подходит к месту между  $\text{B}=11$  и  $\text{Li}=7$ .

В проведенном таким логическим способом первом изменении атомного веса элемента раскрылось умение Дм. Ив. правильно сочетать дедуктивные умозаключения с индуктивными, дополнять и исправлять индукцию при помощи дедукции, опирающейся на знание общего (периодического закона).

Позднее (осенью 1869 г. в отношении Uг, а еще через год — в отношении In, Th, Yt, Ce и его аналогов) Дм. Ив. именно таким способом произвел изменения первоначальных, эмпирически найденных, но оказавшихся неточными значений атомных весов у ряда элементов.

Можно сказать, что, идя чисто эмпирическим путем, подчиняясь фактам, но не владея ими, химики нередко приходили

к ошибочным выводам; логической основой для подобного рода узкого эмпиризма служила односторонняя индукция, тесно связанная с узким эмпиризмом.

Так возникло поспешное обобщение, гласившее, что наиболее прочные окислы металлов имеют якобы состав  $RO$ . Во всяком случае если известно только одно соединение металла с кислородом, то его состав должен быть  $RO$ . Такой взгляд шел еще от Дальтона. Отсюда для  $In$ ,  $Ce$ ,  $Yt$  и принималась именно эта формула.

Сделанное эмпирически, индуктивным путем обобщение было опровергнуто лишь позднее на основе дедукции, т. е. общего закона, открытого 17 февраля 1869 г. Эта дедукция показала, что если исходить из общего закона, то для окисей  $In$ ,  $Ce$ ,  $Yt$  следует принять формулу  $R_2O_3$ , соответственно увеличив атомные веса этих элементов в полтора раза, а для окиси  $Th$  и  $Ug$  соответственно  $RO_2$  и  $RO_3$ , увеличив атомные веса соответственно в два раза.

Дедукция помогла здесь опровергнуть выводы, найденные индуктивно, и вывести из общего закона исправленное значение свойств для указанных элементов. Тем самым она указала правильное место единичного (элемента) в частном (группе), исходя из уже известного места этого частного в общем (в общей системе).

Пример с  $Be$  был первым шагом по такому пути, и в этом его значение.

Пользование совместно индуктивными и дедуктивными логическими приемами тесно связано с оперированием гипотезой.

В начале открытия мысль о всеобщем законе появилась у Дм. Ив. как догадка или гипотеза. Это не было обобщением индуктивного порядка, оно было сделано в порядке заглядывания вперед, за завесу не известных еще фактов.

Но раз возникнув, такая гипотеза давала возможность делать из нее дедуктивные выводы, которые можно было тут же (или же спустя длительное время) подвергнуть опытной проверке. Подтверждение правильности этих выводов служило доказательством правильности и самой гипотезы.

Это означает, что метод обобщения, предполагающий необходимость прибегать к гипотезе, включает в себя и возможность научных предсказаний: такая возможность открывается благодаря признанию всеобщего и выведению из него дедуктивных умозаключений.

Когда в день 17 февраля 1869 г. Дм. Ив. пришел к гипотезе, что разность  $\Delta$  между атомными весами двух сопоставленных групп должна быть величиной одного порядка, например равной 13 для парных членов групп  $N$  и  $Si$ , то следствием этой

гипотезы было указание на элемент ( $?=1$ ), входящий в группу Cu. Таким элементом оказался  $H=1$ , хотя до этого никому не приходило в голову включать его сюда. Тем самым подтверждалась и сама исходная гипотеза.

Точно так же, когда Дм. Ив. пришел к мысли разрушить группу земельных металлов (Be, Al, Fe, Ce), то это было следствием уже намечавшейся гипотезы о существовании периодического закона, с одной стороны. С другой стороны, таким же следствием все той же гипотезы было признание, что между  $B=11$  и  $Li=7$  во втором столбце должен стоять слабый металл с атомным весом, лежащим между 8 и 10, и что между  $Si=28$  и  $Mg=24$  в третьем столбце должен стоять тоже слабый металл с атомным весом, лежащим между 25 и 27.

На второе место легко стал  $Al=27,4$ , перенесенный сюда из разрушенной группы земельных металлов. На первое же место мог стать Be, но только в случае изменения формулы его окиси с  $Be_2O_3$  на  $BeO$  и соответственно — его атомного веса. Общая гипотеза требовала этого следствия, как вытекающего из нее дедуктивным путем; подтверждение этого следствия тут же, в ходе выкладок на черновой таблице, давало лишний аргумент в пользу вероятности самой гипотезы, утверждающей мысль о существовании общего закона.

Ряд таких проверок утверждал эту мысль, причем сама эта мысль развивалась в следующем порядке:

а) сначала мысль шла от еще неполно собранных эмпирических данных к наметившемуся уже и как бы прорывающему сквозь эти данные общему выводу (закону), который первоначально оставался еще на уровне догадки (гипотезы);

б) затем — от этой гипотезы обратно к частным положениям, выведенным дедуктивно из сделанного (или предчувствуемого) обобщения;

в) наконец, через проверку сделанных частных выводов и, в случае их подтверждения, к подтверждению общей гипотезы и превращению ее мало-помалу в твердо установленное, хорошо проверенное, следовательно, достоверное положение.

«Механизм» научного творчества Дм. Ив. в день 17 февраля 1869 г. включал в себя постоянно и многократно повторяющиеся переходы мысли Дм. Ив. от фактов к гипотезе, затем — к ее следствиям и через их проверку вновь возвращался к той же гипотезе, но все более и более утверждавшейся и приближавшейся к конкретному закону.

Однако и в дальнейшем еще долго Дм. Ив. считал свой закон не достигшим ранга достоверно установленной истины, полагая, что лишь постепенно он превращается в такого рода истину из гипотезы, какой он был в момент его открытия. В

своим труде «Исследование водных растворов по удельному весу» (1887 г.) Дм. Ив. писал:

«Надобно ясно отличать *правду* действительности от *истины* умозаключения... Так, например, группировка элементов по периодам в зависимости от атомного веса есть правда, а периодический закон был сперва гипотезой, которая мало-помалу превращается в общепринятую истину только под влиянием оправдания тех неожиданных иначе следствий, которые эта гипотеза вызвала (напр., поправки величины атомных весов, изменение эквивалентности многих элементов, указание свойств не открытых еще элементов и т. п.), и под впечатлением той новой точки зрения, которую открывает гипотеза и подтверждает действительность (напр., периодическая законность физических свойств элементов и их соединений, уяснение отношений кислородных и водородных соединений элементов и т. п.)» [2а, 206].

Рассмотрим в связи с этим результаты применения Дм. Ив. приемов дедукции к предсказанию существования не известных еще элементов и вычислению их свойств. После того как найдено общее (закон), можно дедуктивным путем обнаружить недостающие звенья (пробелы) в общей цепи. Как это делается, мы уже видели на примере предсказания неизвестного элемента  $?=18$  в ряду Си (см. верхнюю неполную табличку).

Но там предсказание было сделано хотя и дедуктивно, но еще исходя не из общего закона; а лишь из отдельной пары сопоставленных между собой групп. В полной же черновой таблице предсказание неизвестного элемента  $x=72$  в ряду С сделано на основании общего закона; поэтому это предсказание, в отличие от предыдущего, оказалось глубоко верным и впоследствии (в 1886 г.) подтвердилось на практике, когда был открыт германий.

Здесь особенно наглядно сказала, говоря словами Дм. Ив., «рефлексия» закона на факты, или переход от общего к отдельному — от всеобщего (закон) к особенному (численному пополнению группы) и единичному (предсказанию свойств индивидуального элемента).

Выкладки на полях черновой таблицы показывают, что прежде всего Дм. Ив. нашел закономерный ход в изменении атомных весов для членов «смешанной» группы Si+Ti:

|    |    |    |    |    |     |
|----|----|----|----|----|-----|
| C  | Si | Ti | —  | Zr | Sn  |
| 12 | 28 | 50 |    | 90 | 118 |
| 16 |    | 22 | 40 | 28 |     |

Разность в 40 атомных единиц свидетельствовала о том, что в середине группы имеется пропуск: общий закон требовал равномерного нарастания атомных весов внутри группы (по

горизонтали); здесь же получилось почти удвоенное значение разности по сравнению с ее значением в других местах той же группы.

В соответствии с этим Дм. Ив. дедуктивно вывел для  $x$  значение атомного веса = 70 (среднее между 50 и 90); затем он уточнил его еще раз и окончательно вывел следующее соотношение:

$$\begin{array}{cccccc} \text{C} & \text{Si} & \text{Ti} & x & \text{Zr} & \text{Sn} \\ 12 & 28 & 50 & 72 & 90 & 118 \\ \hline & 16 & 22 & 18 & 22 & 28 \end{array}$$

Об этом же свидетельствовало сопоставление группы С с группой N (по вертикали):

$$\begin{array}{cccc} \text{N} = 14 & \text{P} = 31 & \text{As} = 75 & \text{Sb} = 122 \\ \text{C} = 12 & \text{Si} = 28 & x = 72 & \text{Sn} = 118 \\ \hline \Delta = 2 & \Delta = 3 & \Delta = 3 & \Delta = 4 \end{array}$$

Подобным же образом, путем дедукции, Дм. Ив. в «Опыте системы элементов» вывел значения атомных весов для будущих экабора (?=45), экаалюминия (?=68), экасилиция (?=70) и экациркония (?=180).

Во всех этих случаях, — исходя из общего, т. е. двигаясь от общего к отдельному, от всеобщего (закона) к особенному (группе) и через особенное к единичному (неизвестному еще элементу), — Дм. Ив. дедуктивно восполнял то, чего не могла дать индукция, проверял и исправлял то, что индукция давала неправильно.

Анализ процесса открытия периодического закона в день 17 февраля 1869 г. и позднее весьма рельефно показывает, что в творческой мысли Дм. Ив. нашло свое отражение по сути дела правильное соотношение между индукцией и дедукцией, как взаимосвязанными приемами логического мышления. Здесь подтвердилось то, что немного позднее записал Ф. Энгельс:

«Индукция и дедукция связаны между собою столь же необходимым образом, как синтез и анализ. Вместо того чтобы односторонне превозносить одну из них до небес за счет другой, надо стараться применять каждую на своем месте, а этого можно добиться лишь в том случае, если не упускать из виду их связь между собою, их взаимное дополнение друг друга»<sup>1</sup>.

Так, собственно говоря, и поступал Дм. Ив., не зная и не предполагая, конечно, что в этом отношении, как и во многих других, он на деле пользуется приемами диалектической логики, что служит, между прочим, еще одним доказательством ее справедливости.

<sup>1</sup> Ф. Энгельс, Диалектика природы, 1955, стр. 180—181.

Приемы дедукции, в отличие от индукции, предполагают уже определенную роль теоретического мышления, преодолевающего узость кругозора ограниченного эмпиризма. Эмпиризм и связанная с ним индукция не в состоянии подняться над фактами, отсеять истинное от ложного; напротив, они ведут к слепому, некритическому следованию за фактами, приучают быть рабами фактов.

Критикуя такой подход к делу, Дм. Ив. отмечал в 1889 г., что до открытия периодического закона (как общего закона природы) в попытках химиков, таких, как Ньюлендс, и других, было простое подчинение фактам; «факт и в них все же стоял впереди...» Для того чтобы открыть периодический закон, химикам типа Ньюлендса «не доставало только решимости поставить дело на подобающую ему высоту, с которой видны рефлексы закона на факты» [2, 351].

Далее Дм. Ив. указывал, что, «потребовав уступки от фактов, периодический закон сразу заявил себя с той стороны, которая легко могла его сломить в самом зародыше. Первые требования, им заявленные в протекшие 20 лет, удовлетворились почти сполна. факты уступили закону, показав, что он сам есть верное отвлечение от проверенных фактов» [2, 351—352].

Еще дальше, уже касаясь специально атомных весов, Дм. Ив. писал:

«Веса атомов элементов, до периодического закона, представляли числа чисто эмпирического свойства., то-есть в этой области приходилось идти ощупью, покоряться факту, а не обладать им...» [2, 360].

В другой раз (в 1879 г.) Дм. Ив. дал следующую сравнительную характеристику положения дел в данной области познания до и после открытия периодического закона: «Прежде имелась лишь схема, группировка, подчинение данных фактам, тогда как периодический закон владеет фактами...» [2, 279].

Обладание фактами, а не рабское, безоговорочное, некритическое приятие любого эмпирически установленного положения — вот что характеризует творческий метод Дм. Ив., сказавшийся во всю его мощь в момент открытия периодического закона 17 февраля 1869 г.

Изменяя эмпирически установленные атомные веса (для Be), предсказывая то, что в опыте еще никак не наблюдалось ( $x=72$  и другие элементы), Дм. Ив. показал свою способность в двух отношениях:

а) в теоретическом исследовании твердо опираться на проверенные факты и отправляться от них, чтобы идти дальше, делать общие выводы, которые могли бы стать трамплином для последующего выведения следствий из них;



б) вместе с тем отсеивать и подвергать критической переоценке все то, что было ранее неправильно выдано за факт, а в действительности оказалось индуктивным выводом из неверно истолкованных фактов.

Умение *владеть фактами* — одна из главных особенностей метода обобщения, примененного Дм. Ив. Это умение предполагает теснейшую связь с опытом, с фактами, с данными эксперимента и наряду с этим — способность тонко замечать все натяжки и отступления от действительности, которые выдаются за факты, поскольку-де это делается на основании эмпирических наблюдений с помощью чисто индуктивных обобщений. Критическое отношение к такого рода «фактам» и основанным на них индуктивным выводам необходимо было именно потому, что то, что принимается или выдается за факт, в действительности может оказаться вовсе не фактом.

Очень хорошо этот вопрос освещен в статье А. В. Раковского, упоминающейся в дополнениях:

«Не подлежит сомнению, — писал автор, — что Менделеев открыл свою систему не в результате слепого следования за фактами, а на основании их критического анализа. Здесь Менделеев обнаружил ту сторону своего ума, которая отличает гения от таланта, великий и редкий дар природы, позволяющий увидеть истину, скрытую от взора громадного большинства людей, сквозь шелуху неверно установленных фактов» [12, 42].

Что же касается способности Дм. Ив. своей теоретической мыслью смотреть дальше непосредственных фактов, заглядывая с помощью приемов дедукции, как бы сквозь наглухо еще закрытую для узких эмпириков и односторонних индуктивистов дверь природы, то лучше всего об этом он сказал сам в последнем (прижизненном) издании своих «Основ химии». Здесь он писал:

«Сперва науки, как и мосты, умели строить лишь при опорах из прочных устоев и длинных балок. Мне желательно было показать, над изложением основ химии, что науки давно уже умеют, как висячие мосты, строить, опираясь на совокупность хорошо укрепленных тонких нитей, каждую из которых легко разорвать, общую же связь очень трудно, и этим способом стало возможным перебрасывать пути чрез пропасти, казавшиеся непроходимыми. На дно не опираясь, и в науках научились пересекать пропасти неизвестного, достигать твердых берегов действительности и охватывать весь видимый мир, цепляясь лишь за хорошо обследованные береговые устои» [1, III].

Это замечательное по своей философской глубине и художественной образности сравнение научных открытий со строительством мостов, ведущих через пропасти неизвестного, характеризует и собственное научное творчество Дм. Ив., с особой силой развернувшееся в день 17 февраля 1869 г.



#### 4. Упрощенное понимание метода обобщения

*(Игнорирование особенного в развитии научного познания)*

«Всеиндуктивисты» (так называл Ф. Энгельс апологетов индуктивного метода) считали, что всюду и везде, где имеет место обобщение, т. е. переход от единичного к особенному или вообще в любой форме переход от положения меньшей общности к положению большей общности, такой переход совершается будто бы всегда одним единственным способом — путем индукции. Критикуя такого рода утверждения, Ф. Энгельс писал:

«Эти люди так увязли в противоположности между индукцией и дедукцией, что сводят все логические формы умозаключения к этим двум, совершенно не замечая при этом, что они 1) бессознательно применяют под этим названием совершенно другие формы умозаключения, 2) лишают себя всего богатства форм умозаключения, поскольку их нельзя втиснуть в рамки этих двух форм, и 3) превращают вследствие этого сами эти формы — индукцию и дедукцию — в чистейшую бессмыслицу»<sup>1</sup>.

Такому не только упрощенному, но и явно ошибочному взгляду Ф. Энгельс противопоставляет идею о том, что познание, развиваясь от низшего к высшему, поднимается от единичного к особенному и от особенного ко всеобщему, причем переходы от низших ступеней к высшим осуществляются различными способами, а не одним единственным, как это утверждают «всеиндуктивисты». Для этих последних весь вопрос сводится к тому, что в процессе познания совершается переход от менее общего знания к более общему, и такой переход они подводят под общую категорию индуктивных обобщений. Тем самым они оставляют в тени, а порой и открыто отрицают всякую специфику перехода от менее общего знания к более общему на различных этапах движения научного познания к раскрытию истины [доп. 61].

Между тем, как мы видели выше, переход от единичности к особенностям существенно отличается по своему «механизму» и соответственно по применяемым здесь простейшим логическим приемам индукции от перехода, который совершается при восхождении от особенности ко всеобщности. Ведь составление из отдельных элементов особых групп существенно отлично от составления из отдельных групп общей системы, хотя и в том и в другом случае оно может быть подведено под переход от отдельного к общему.

Попытка ограничиться сопоставлением лишь общего и отдельного в любой их форме означает отказ от выяснения не

<sup>1</sup> Ф. Энгельс, *Диалектика природы*, 1955, стр. 179

менее важной стороны дела, касающейся *специфики* соотношения общего и отдельного на различных ступенях познания, — более низких (единичное — особенное) и более высоких (особенное — всеобщее).

Эта специфика четко обнаружилась в ходе открытия периодического закона. Движение творческой мысли Дм. Ив. совершалось вполне закономерно от особенного (от группы) ко всеобщему (к системе); если в каком-нибудь пункте такой переход не мог быть осуществлен и налицо были лишь разрозненные элементы (единичное в его единичности и изолированности), то ни в одном случае Дм. Ив. не пытается переходить от единичного ко всеобщему, минуя особенное, т. е. не определив сначала места данного элемента в той или иной группе.

В связи с этим Дм. Ив. постоянно *возвращался* к выяснению того, каким должно быть в данном случае особенное, дабы оно могло выполнить свою познавательную функцию и послужить ступенью для перехода ко всеобщему.

Следовательно, движение мысли от отдельного (от элементов) к общему (к системе) совершалось здесь только через особенное, поднимаясь ко всеобщему не сразу, не прямо и непосредственно от единичного, а только через особенное. Спрашивается: почему же именно так совершалось развитие мысли Дм. Ив.? Откуда взялось это промежуточное звено «особенного»? Было ли оно действительно необходимо?

Методологический анализ сделанного Дм. Ив. открытия убедительно доказал необходимость этого звена и его логическую неизбежность; анализ показал, что непосредственный шаг от единичного ко всеобщему без опосредствования его этим промежуточным звеном был бы вообще неосуществим и не мог бы привести к открытию периодического закона, ибо это означало бы возможность осуществить синтез без анализа как его необходимой подготовки

На стадии особенности под обобщением подразумевается *разобщение*, и проводится оно не только с целью объединения, но и с целью разъединения объектов по признакам их особенности.

Напротив, обобщение на стадии всеобщности, т. е. на стадии открытия общего закона, направлено к тому, чтобы связать, *объединить* разрозненные между собою и противопоставленные друг другу группы в целостную картину, в единую систему, где противоположности не оторваны друг от друга, а представлены как единые и взаимопроникающие. Обобщение преодолевает свой прежний ограниченный характер, который был присущ ему на стадии особенности. Теперь оно объединяет не только сходное, но и *несходное*, снимая их прежнее противопоставление одного другому. Именно так создавалась система элементов при сближении и сопоставлении ранее обо-

собранных групп и прежде всего двух полярно-противоположных групп — галоидов и щелочных металлов.

Следовательно, по самому своему логическому, познавательному существу обобщение здесь отлично от того, какое осуществляется на предшествующей ступени познания. Вот эту-то *специфику* обобщения (как обособления в первом случае и как объединения — во втором) и схватывает формула диалектической логики, выражающая последовательность восхождения познания от единичного через особенное ко всеобщему.

Выше был рассмотрен взгляд, нивелирующий ступень особенного в научном познании и подводящий ее в одном случае под ступень отдельного, а в другом — под ступень общего. Но сама ступень особенного при этом не отбрасывалась; она учитывалась, но не как имеющая некоторое самостоятельное значение, но лишь как частный случай отдельного или общего.

Другой случай упрощенного понимания метода обобщения применительно, в частности, к истории открытия периодического закона состоит в отрицании самой по себе ступени особенного, в ее отбрасывании, т. е. в попытке представить открытие закона (всеобщего) как прямой и непосредственный переход от единичного ко всеобщему [доп. 62].

На первый взгляд может показаться, что спор о том, каким путем шел Дм. Ив. — сопоставлял ли он группы элементов или же сопоставлял отдельные элементы в общий ряд по величине атомных весов, — не имеет существенного значения, а касается исключительно техники или методики работы Дм. Ив. Однако на проверку неожиданно оказывается, что этот спор имеет большое принципиальное, методологическое значение.

Когда говорят, что Дм. Ив. сначала будто составил общий ряд из всех элементов, располагая их в порядке возрастания атомных весов, а затем, заметив повторяемость свойств, разделил этот ряд на отрезки (периоды) и подписал один отрезок под другим, то открытие периодического закона сводят этим к непосредственному переходу от единичного (отдельные элементы) ко всеобщему закону, минуя особенное (группы элементов).

Напротив, когда на основании анализа записей и высказываний Дм. Ив., касающихся открытия периодического закона, открытие его связывают с сопоставлением групп элементов, то в центр внимания этим выдвигается ступень особенного, через которую, как это было уже доказано, и совершилось движение мысли от единичного ко всеобщему в познании химических элементов и их основного закона.

Тщательный разбор всех рукописных материалов Дм. Ив. и всех его высказываний, касающихся истории открытия периодического закона, убедительно свидетельствует о том, что

никакого общего или полного ряда всех элементов, расположенных по величине их атомных весов, в качестве якобы самого начального этапа открытия у Дм. Ив. не было до открытия периодического закона. В отношении атомных весов Дм. Ив. выполнял сначала лишь два требования:

1) в пределах каждой особой группы элементы располагались в строчку по величине их атомного веса — от наименьшего (слева, в начале строки) до наибольшего (справа, в конце строки);

2) при сближении двух разных групп по величине атомного веса их членов, сопоставленных попарно, больший вес писался в верхней строке, меньший — в нижней, под первым, с целью нахождения разности  $\Delta$  между ними.

Вот почему, в прямое нарушение порядка расположения всех элементов по величине их атомных весов, к  $K=39$  все же примкнул не  $In=36$ , а  $Cl=35,5$ , ибо сопоставлялись у Дм. Ив. *не одиночные*, разрозненные элементы сразу в единый, общий их ряд, а *группы*. Поскольку под  $Na=23$  встал  $F=19$ , то именно в силу этого под  $K=39$  *должен* был встать и встал не  $In=36$ , а  $Cl=35,5$ .

Этого не могло бы произойти, если бы гипотеза о первоначальном составлении общего ряда всех элементов, расположенных в порядке возрастания атомных весов, была бы справедлива.

То же касается и  $Te$ . Сначала была твердо установлена принадлежность его к группе  $O$ . С точки зрения первого требования, отмеченного выше, никакого нарушения в отношении последовательности атомных весов здесь не было:

$$O=16 \quad S=32 \quad Se=79 \quad Te=128.$$

После этого группа  $O$ , как целое, была сближена с группой  $Cl$ , тоже как целым. В случае первых трех сопоставленных пар при этом было выполнено и второе требование: разность  $\Delta$  оказалась равной у  $F-O=3$ , у  $Cl-S=3,5$ , у  $Br-Se=1$ . И только у последней пары элементов разность  $\Delta$  оказалась аномальной (отрицательной):  $J-Te=-1$ .

Отсюда для Дм. Ив. следовал вывод, что атомный вес определен, очевидно, неверно. Но как возник такой вывод? Только при сопоставлении обеих групп ( $O$  и  $Cl$ ), взятых в целом.

При сведении же всех элементов в общий ряд и при расположении их по величине их атомных весов, без предварительного сопоставления их группы, никогда не мог бы возникнуть вопрос об аномальности или неточности атомного веса  $Te=128$ .

По этой именно причине у Дм. Ив. никогда не стоял перед  $Cs=133$  элемент с ближайшим к нему значением атомного веса  $Te=128$ , а всегда стоял  $J=127$ , чего не могло бы случиться, если бы *сначала* Дм. Ив. составил общий ряд всех элементов

по величине их атомных весов, а затем стал бы делить его на горизонтальные отрезки — периоды с последующим образованием вертикальных групп. В действительности, как уже это отмечалось, Дм. Ив. шел от сравнения отдельных групп между собой (т. е. от особенного), а потому  $\text{Te}=128$  сопоставлялся с другими элементами лишь постольку, поскольку группа кислорода, в которую он был включен, сопоставлялась с группой азота, с одной стороны, и с группой галоидов — с другой. В 3-м издании «Основ химии» Дм. Ив. писал:

«Давно известно много таких групп сходных элементов. Так есть аналоги кислорода, азота и углерода, и в дальнейшем изложении мы встретим многие такие группы. Но знакомство с ними невольно наводит на вопросы: где же причина сходства и каково отношение групп друг к другу?» [2, 264].

Всякая попытка как-либо обойти или отрицать ступень особенного в открытии периодического закона неизбежно приводит к прямым ошибкам и искажениям действительного хода открытия и находится в противоречии с творческим методом Дм. Ив., как методом обобщения [доп. 63]. Преодоление же этих ошибок и искажений невозможно без последовательного признания концепции диалектической логики, исходящей из учета взаимосвязи единичного, особенного и всеобщего в процессе познания. Компромиссы и половинчатые решения, как и везде в принципиальных вопросах, не дают положительных результатов [доп. 64].

В качестве иллюстрации к сказанному можно сослаться на историю создания теории «химического строения» Бутлеровым.

В момент введения в химию XIX века атомистических воззрений Д. Льюис (Англия) рассматривал частицу («сложный атом») химического соединения как образованный непосредственно из отдельных элементарных атомов. Но это не давало возможности выяснить истинное строение молекул даже в самых простых случаях. От единичного и здесь не открывалось прямого пути к познанию всеобщего, а требовалось опосредствовать этот переход через особенное.

Особенным оказались в данном случае прежде всего отдельные типы связей между атомами, которым Берцелиус (Швеция) дал истолкование в духе своей электрохимической («дуалистической») теории. Особенным были и особые, устойчивые группы атомов C, H и O (органические «радикалы»), внутри которых связи между атомами оказывались весьма прочными. Тогда химические превращения органических веществ стали толковаться как соединения и разъединения неизменных радикалов. Такую теорию развивал и защищал тот же Берцелиус, убежденным противником которого был Дм. Ив.

С другой стороны, особенным были и основные типы превращения органических веществ по аналогии (по «типу»)  $\text{HCl}$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{NH}_3$ , а позднее  $\text{CH}_4$ . Такие взгляды развивал Жерар (Франция), убежденным сторонником которого был и остался до конца своих дней Дм. Ив.

С точки зрения теории типов радикалы были лишь «остатками» исходной молекулы углеводорода, претерпевшей в дальнейшем те или иные химические превращения.

Вскоре особенное стало усложняться все более и более: появились «двойные» и «смешанные» типы, радикалы («остатки») были введены в типы и т. д.

К середине 50-х годов XIX века накопление сведений об особых проявлениях межатомных связей внутри органических молекул достигло такого уровня, что стал возможным и прямо необходимым переход ко всеобщему.

Но этот переход осуществлялся не столь быстро и решительно, как это произошло в случае открытия периодического закона. В середине 50-х годов XIX века Фрэнкленд (Англия) ввел понятие атомности (единицы связи между атомами, принимая, что связь у  $\text{H}=1$ ); тогда Кекуле (Германия) ввел представление о четырехатомности  $\text{C}$  и о способности атомов  $\text{C}$  соединяться между собой и образовывать цепи.

В итоге всего этого те представления об атомности, которые были развиты для целых молекул и их «остатков» (радикалов), были перенесены на отдельные составляющие их атомы. Тем самым развитие познания исчерпало все, что оно смогло извлечь из фактов на стадии особенности; взаимоотношение между единичным (например, атомом  $\text{H}$  или  $\text{C}$ , наделенным способностью к соединению с другими атомами) и особенным (типом этой способности, ее численным значением) было уже раскрыто в полной мере.

(Заметим, кстати, что в данном случае особенное оказалось еще более многостепенным и дифференцированным, нежели в случае классификации элементов, что вновь подтверждает мысли, высказанные в [доп. 61]).

Начиная с середины 50-х годов XIX века совершенно отчетливо наметился переход ко всеобщему, т. е. к раскрытию общего закона, или правила, согласно которому образуются любые органические (а затем и неорганические) соединения. Шаг в сторону всеобщего сделал еще Кекуле, но он остановился на полдороге, так как, склоняясь к агностицизму, он остался верен теории типов, т. е. задержался на ступени особенности.

Переход от особенности ко всеобщности в этой области химии впервые осуществил в 1861 г. А. М. Бутлеров (Россия),



выполнивший для органической химии ту же задачу, какую для всей (общей) химии выполнял восемь лет спустя Дм. Ив.

Гипотеза о первоначальном составлении общего ряда всех элементов в логическом отношении равносильна признанию, что исторически подготовка и создание теории химического строения (всеобщего) совершались, минуя выяснение характера и типа связи между атомами (особенное), и шли непосредственно от рассмотрения свойств отдельных атомов (Н, О, N и С).

В действительности же здесь, как и в случае открытия периодического закона, всеобщее было достигнуто только через особенное, при теоретическом обобщении того, что было достигнуто на стадии особенности. Вот почему нельзя создавать упрощенные концепции и гипотезы, ставящие своей целью доказать, что якобы возможно отстранить и обойти момент особенности в развитии научного познания. Всякое же *ad hoc* придуманное допущение на проверку оказывается неправильным, противоречащим действительности. Выходит, следовательно, что нельзя безнаказанно игнорировать, а тем более отрицать особенное как необходимую ступень в движении научного познания от единичного ко всеобщему.

Анализируя самый ход открытия периодического закона, нельзя не вспомнить замечательного рассуждения К. Маркса о том, что не только результат исследования должен быть истинен, но и само исследование на всем его протяжении, рассмотренное как процесс, должно быть истинным в каждом его звене. Ибо на каждом своем этапе раскрытия истины исследование имеет дело с определенным объектом, отражая с той или иной полнотой и точностью известные его стороны, связи и отношения; только тогда, когда эти стороны изучаемого объекта будут отражены правильно на данном этапе исследования, возможно дальнейшее движение вперед, к более полному и глубокому, всестороннему раскрытию истины. В связи с этим Маркс писал:

«...разве *характер самого предмета* не должен оказывать никакого, даже самого ничтожного, влияния на исследование? Не только результат исследования, но и ведущий к нему путь должен быть истинным. Исследование истины само должно быть истинно, истинное исследование — это развёрнутая истина, разъединённые звенья которой соединяются в конечном итоге»<sup>1</sup>.

С этой мыслью непосредственно перекликается известное положение, высказанное В. И. Лениным, о том, что «истина есть процесс»<sup>2</sup>.

<sup>1</sup> К. Маркс и Ф. Энгельс, Соч., т. 1, М. 1955, стр. 7—8.

<sup>2</sup> В. И. Ленин, Философские тетради, 1947, стр. 174.



Ярким подтверждением только что приведенных положений марксистской диалектической логики может служить путь открытия периодического закона.

В следующем параграфе будет показано, как рассмотренный научный метод помогал Дм. Ив. в критическом анализе работ его предшественников, давая возможность обнаруживать методологические изъяны в их воззрениях, связанные с неправильным решением вопроса о соотношении единичности, особенности и всеобщности в познании химических элементов.

### 5. Методологическая основа неудач у химиков, приближавшихся к открытию периодического закона

*(Неправильное понимание соотношения единичного, особенного и всеобщего в познании химических элементов)*

В заключение данной главы постараемся показать отличие метода Дм. Ив. от метода, которым пользовались его предшественники в поисках общей системы элементов. Анализ этого отличия позволит более глубоко разобраться в причинах того, почему именно Дм. Ив. сумел отыскать верный путь к открытию периодического закона, хотя задолго до него на этот путь становились уже многие химики в разных странах.

Некоторые современники и предшественники Дм. Ив. пытались составить общую систему элементов так, чтобы по сути дела не выходить за рамки естественных групп, т. е. оставаться на ступени особенного. Наиболее резко и последовательно провел такую линию немецкий химик Ленссен в 1857 г., т. е. за 12 лет до Дм. Ив. Путь, которым шел Ленссен, представляет собой попытку повторить при переходе от особенного ко всеобщему (от групп — к системе всех элементов) тот же по существу прием, какой применялся при образовании самих групп из отдельных, сходных между собой элементов (т. е. при переходе от единичного к особенному). В самом деле: при составлении группы, например, галоидов или щелочных металлов, (когда группа рассматривается как триада) значения свойств у среднего члена равны полусумме значений тех же свойств у крайних членов. Так, атомный вес Br (среднего члена триады Cl — Br — J) равен полусумме атомных весов Cl и J:

$$\frac{35+127}{2}=81, \text{ точно так же как атомный вес Na равен полусумме атомных весов Li и K: } \frac{7+39}{2}=23.$$

Для того чтобы составить общую систему всех элементов, т. е. перейти ко всеобщему, Ленссен поступает следующим образом: он составляет из трех триад одну триаду высшего поряд-

ка по тому же принципу: средний член средней триады должен обладать свойствами, которые по своим значениям составляют полусумму средних же членов крайних триад.

Например, из трех триад, приведенных ниже, образовывалась новая триада, охватывающая уже не три, а девять элементов (Ленссен такие триады второго порядка называл «энеадами»):

$$\begin{array}{ccc} \text{1-я триада} & \text{2-я триада} & \text{3-я триада} \\ \frac{\text{Li}+\text{K}}{2} = \text{Na}; & \frac{\text{Mg}+\text{Cd}}{2} = \text{Zn}; & \frac{\text{Ca}+\text{Ba}}{2} = \text{Sr}. \end{array}$$

Отсюда получается энеада:

$$\frac{\text{Na}+\text{Sr}}{2} = \text{Zn}, \text{ или } \frac{\text{1-я триада}+\text{2-я триада}}{2} = \text{3-я триада}.$$

Если соединить по такому же способу три энеады в одну триаду еще более высокого порядка, то она охватит уже 27 элементов. Этим путем Ленссен и пытался построить систему всех элементов.

Основной методологический недостаток его подхода, или метода, состоял в том, что у него не было существенного различия между всеобщим и особенным: всеобщее (система) оказывалось лишь простым *повторением* особенного, а потому переход от особенного ко всеобщему представлялся как *копирование* в увеличенном масштабе перехода от единичного к особенному. В основе всех этих переходов лежал один и тот же принцип составления триад. Отсюда, по Ленссену, получалось, что общая искомая закономерность якобы представляет собой полное подобие тех соотношений, которыми связываются элементы внутри отдельных групп.

Искусственность системы Ленссена проистекала, именно из узкого, ограниченного понимания не только всеобщего, но и особенного: если всеобщее сводилось к особенному, то само особенное толковалось лишь в рамках трехчленной группы (триады). Это, разумеется, не давало возможности довести расчленение элементов на группы до конца, группы оказывались заведомо неполными, а потому такой подход не мог послужить подготовкой для осуществления правильного перехода ко всеобщему; как было показано выше, из недостроенных групп (т. е. из незавершенного особенного) невозможно правильно построить систему (всеобщее).

Искусственность этой системы ясно видна в стремлении ее автора представить и вывести общую связь между группами (триадами) по аналогии с той связью, которая объединяет элементы в группы.

Отмечая, что исследования крайности атомных весов служили не раз поводом к указанию численных отношений между атомными весами элементов, составляющих одну группу, Дм. Ив. писал в своей первой статье, что, сколько ему известно, эти попытки не послужили для систематического распределения всех известных элементов.

«Мне известна только одна попытка Ленссена (Анналы Либиха, 1857 г., том 103 и 104) удовлетворить этому естественному требованию. Но его система триад простых тел страдает некоторою шаткостью, потому что в основании ее не лежит прочного начала. Ленссен старается опереться в триадном разделении элементов на их отношения по величине паев (в каждой триаде пай среднего элемента равен полусумме паев крайних элементов, как у Кремерса и др.), также на химическом сходстве и на окраивании их соединений, но сопоставления последнего рода колеблются теми различиями, которые замечаются в цвете кобальтовых, хромовых, медных и многих других соединений, смотря по условиям, в которые они поставлены, и соединениям, в которых находятся. Однако в системе Ленссена замечаются естественные группы, часто весьма согласные с нашими общими понятиями; таковы напр. группы: калия, натрия и лития; бария, стронция и кальция; магния, цинка и кадмия; серебра, свинца и ртути; серы, селена и теллура; фосфора, мышьяка и сурьмы; осмия, платины и иридия, палладия, рутения и родия, вольфрама, ванадия и молибдена; тантала, олова и титана и др.; но кремний, бор и фтор, кислород, азот и углерод; хром, никель и медь, бериллий, циркон и уран едва ли могут быть поставлены в одни группы, как это делает Ленссен. В его системе притом проглядывает стремление подчинить естественную группировку элементов тройственности, которая едва ли согласна с естественностью и с тем, что мы не имеем уверенности в законченности ряда простых тел, нам известных. Для вновь открываемых элементов в его системе, если и найдется место, то сопряженное с расстройством группы, считающейся замкнутою и законченною» [2, 71].

Здесь мы видим, за что Дм. Ив. критикует Ленссена. За то, что в его системе неправильно построены группы, что эти группы трактуются как завершенные, замкнутые, тогда как на деле они таковыми не являются, ибо не все еще химические элементы, очевидно, открыты. Если же будут найдены новые, ранее не известные элементы, то для них не будет места в принятых уже группах, а тем самым — и в общей системе, замкнутость которой определяется замкнутостью образующих ее групп. Так Дм. Ив. вскрыл коренной порок системы Ленссена, показав, что этот ее порок носит методологический характер.

Тем не менее попытка Ленссена, будучи неудачной по своему конечному результату, сыграла большую роль в том отношении, что поставила самую проблему составления общей системы всех элементов путем связывания воедино всех их групп. Как увидим ниже, к такой же по существу задаче, но совершенно с другой стороны, подошел примерно в одно время с Ленсеном и Дюма<sup>1</sup>. Оценивая с этой стороны указанные попытки, Дм. Ив. позднее (1880 г.) подчеркивал, что «между всеми приведенными мною учеными., которые раньше меня занимались сравнением величин атомных весов элементов, я считаю, что обязан преимущественно двум: *Ленсену* и *Дюма*. Я изучил их исследования, и они меня побудили искать действительный закон» [2, 288].

Другим примером того, как поиски всеобщего (системы всех элементов) ограничивались лишь рамками особенного (групп), могут служить эмпирически составленные таблицы элементов, в которых дело сводилось лишь к сопоставлению групп без раскрытия внутренней закономерной связи между ними. Как и в предыдущем случае с системой Ленссена, здесь к всеобщему (к системе) путь лежал через особенное (через сопоставление уже известных групп), и в этом проявлялось то обстоятельство, что в действительности нельзя было прийти к общей системе, минуя группы, т. е. непосредственно от отдельных элементов. Однако переход к всеобщему означает преодоление неизбежной ограниченности тех представлений, которые вырабатываются на ступени раскрытия особенности. Здесь же этого преодоления не было, и соответствующие системы, или лучше сказать — таблицы, по сути дела не выводили мысль химиков за пределы особенного, т. е. за пределы простого следования за группами, которые лишь внешним образом располагались одна подле другой.

Такова была таблица Одлинга, о которой Дм. Ив. узнал от Ф. Н. Савченкова через месяц после сообщения на заседании Русского химического общества о сделанном открытии периодического закона, о чем Дм. Ив. говорит в примечании к своей первой статье [2, 15]. Таблица Одлинга составлена чисто эмпирически: в ней сведены воедино все известные в то время группы элементов, но общая связь между ними не раскрывается. Она, очевидно, осталась незамеченной автором, который в своих представлениях не выходил за рамки деления элементов на группы; самые же группы он соединял вместе, не руководствуясь при этом каким-либо общим принципом, а просто потому, что это было удобно. До понимания всеобщего — как закона, или общей внутренней связи между элементами — Одлинг, таким образом, еще не поднялся.

<sup>1</sup> О Дюма см. ниже (стр. 272—273).

Разбирая под этим опять-таки методологическим углом зрения таблицу Одлинга, Дм. Ив. писал:

«Однако Одлинг ничего не говорит о смысле своей таблицы и, сколько то мне известно, нигде о ней не упоминает. Она мне была до сих пор вовсе неизвестна, как, вероятно, и большинству ученых. Если бы Одлинг придавал своей таблице какое-либо теоретическое значение, он вероятно написал бы об этом предмете, затрагивающем, как мне кажется, основные вопросы химии. В названном сочинении эта таблица озаглавлена просто: «Атомные веса и знаки элементов» [2, 15].

Спустя два года, когда по инициативе английских химиков возник вопрос о приоритете, Дм. Ив. подчеркнул ту же свою мысль, что всеобщее (закон) не есть простое эмпирическое сопоставление известных уже групп (особенного), а представляет собой раскрытие общей связи, что невозможно без помощи теоретического подхода, чего как раз и не было у Одлинга. Если бы Одлинг нашел всеобщее или по крайней мересам думал, что нашел его, то он не мог бы обойти вовсе вопрос о теоретическом значении этого открытия. Но поскольку он совершенно не касается теоретической стороны дела, то отсюда следует, что самая мысль о всеобщем отсутствовала у него. Таков ход рассуждений Дм. Ив., и это вполне соответствует действительности.

По сути дела Одлинг даже и не думал *искать* всеобщее (систему), оставаясь целиком на ступени особенного. Общее для него не имело какого-нибудь самостоятельного, принципиально важного значения. Это было лишь тем или иным удобным способом расположения групп и не больше. А так как добиться *того или иного* расположения групп можно было различными путями, то Одлинг легко переходил от одного способа их расположения к другому; случайно среди этих сменявших друг друга способов оказался и тот, при котором элементы, точнее сказать их группы, располагаются по внешним признакам, аналогично тому, как это было в «Опыте системы элементов» у Дм. Ив. Но это не было у Одлинга результатом открытия всеобщего (закона), как у Дм. Ив., а лишь слепым пробованием без действительного перехода от ступени особенного к ступени всеобщего в познании химических элементов.

На эту сторону дела обратил внимание Дм. Ив. в своем ответе английским химикам. В марте 1871 г. он писал:

«...мне не безызвестно, что г-н *Одлинг* принял несколько систем элементов одну после другой. Например: в 1857 г. он сравнивает... свойства сходных элементов, как это делали до него многие химики... и прибавил к уже известным группам новые, например: B, Si, Ti — Be, Yt, Th — Al, Zr, Ce, Ur —

Hg, Pb, Ag. Эта система была им, по-видимому, оставлена, когда он в 1861 г. писал свой всем известный труд «Руководство по Химии, ч. I».

Кроме того мне известна «Практическая химия» *Одлинга* (переведенная *Савченковым* в 1867 г. на русский язык), где находится таблица... в которой элементы расставлены по атомному весу, как и в моей системе, но к системе не приложено никакого дальнейшего пояснения.

Наконец у меня имеется последний труд *Одлинга* «*Outlines of Chemistry 1870*», в котором все элементы расставлены по обычному ныне принципу валентности. Из этого нужно заключить, что если раньше г-н *Одлинг* имел перед глазами систему элементов, подобную моей, то он сейчас от нее отказался. Основы моей системы не допускают, например, причисления S, Fe, Mn, Cu, Hg, Te к диадам (т. е. к двувалентным элементам. — *Б. К.*), как это делает *Одлинг*, потому что они дают не только  $RX_2(SH_2, SCl_2)$ , но также и соединения  $SAe_3J$ ,  $SO_2$ ,  $SO_2Cl_2$ ,  $SO_3$ ,  $TeCl_4$ ,  $TeK_2Cl_6$  и др.

Если система г-на *Одлинга* была построена на тех же основах, которые были развиты мною, то г-н *Одлинг*, при его таланте обобщать, не мог бы прийти к столь искусственно сопоставленным группам, как те, что он принял в своем последнем труде 1870 г.» [2, 220—221].

Суть критических возражений Дм. Ив. сводится к тому, что если бы *Одлинг* действительно открыл общий закон, на основе которого строится естественная система элементов, то группы, подчиненные этому закону, не могли бы столь произвольным образом переставляться и переукомплектовываться. Это могло произойти лишь вследствие того, что *Одлинг* не исходил из тех же принципов, на какие опирался Дм. Ив., и, значит, *Одлинг* не видел и тем более не открыл общего закона, т. е. не совершил перехода от особенного ко всеобщему и даже не поставил перед собой такой задачи.

Примерно аналогичным образом обстояло дело и у немецкого химика Лотара Мейера, который также выражал претензии на авторство открытия периодического закона. Отвечая Л. Мейеру, Дм. Ив. писал в той же статье, где говорилось о таблицах *Одлинга*:

«...я не могу оставить без замечаний, что г-н *Мейер* утверждает, что уже в 1864 г... дал схему выражения закономерностей, найденных в различных семействах химических элементов, подобную одной из моих. Однако достаточно прочесть цитированное место..., чтобы удостовериться, что в 1864 г. г-н *Мейер* вовсе не дал тех соотношений элементов друг к другу, которые дал я. Он всего только сопоставил группы аналогичных элементов» [2, 223].



Вместе с тем Дм. Ив. показывает, что в своих исследованиях Л. Мейер находился на уровне особенного не только в 1864 г., т. е. до открытия периодического закона, но остался по сути дела на этом уровне и в 1870 г., т. е. уже *после* его открытия. В самом деле: открытие всеобщего при переходе к нему от особенного дает возможность более последовательно, в соответствии с открытым законом природы (всеобщим), провести выделение самих групп элементов, т. е. уточнить особенное. Как это происходило у Дм. Ив. в ходе открытия периодического закона, было показано выше.

Но главное уточнение началось позднее, осенью 1870 г., когда в соответствии с общим законом было изменено распределение по группам, а тем самым и по периодической системе всех сомнительных элементов (In, Se и его аналогов, Yt, Th), а также урана. Что же касается Л. Мейера, то такую «рефлексию» общего на особенное и единичное он или отвергал вовсе, не будучи уверенным в истинности всеобщего, или же осуществлял крайне робко, как это было с предложением поставить индий в III группу, изменив его атомный вес в полтора раза — с 75,6 на 113. Это свидетельствовало о том, что даже после открытия общего закона Л. Мейер не понимал его подлинного значения как всеобщего, которому *подчинено* особенное (группы) и единичное (отдельные химические элементы).

Рассмотренные случаи относятся к тому типу методологических ошибок и недостатков, когда не дооценивается всеобщее, когда оно сводится к повторению особенного (Ленссен) или же к эмпирическому, чисто внешнему соединению особенного в механическую сумму (Одлинг, Л. Мейер), которая отнюдь не является раскрытием всеобщего, хотя по внешним своим признакам может иметь сходство с тем, как таблично выражается всеобщее, когда оно познано. Вместе с тем все такого рода способы и аналогичные им свидетельствуют совершенно отчетливо о том, что перед химиками 50-х и 60-х годов стояла задача перейти от групп (особенного) к созданию общей системы элементов (всеобщему) и что делались поиски в этом направлении многими учеными в самых разных странах.

Другое направление в поисках путей перехода от особенного ко всеобщему в познании химических элементов было, казалось бы, более перспективным, так как оно содержало в себе понимание всеобщего (будущего закона), хотя и недостаточно еще отчетливое, но все же такое, когда всеобщее не растворяется в особенном, а выступает как нечто принципиально новое, отличное от особенного. Поэтому в данном случае можно и нужно говорить о зародышах будущего закона, о его предчувствии и даже предугадывании. Но в прямую противоположность только что рассмотренным воззрениям (и таблицам элемен-



тов), которые так или иначе задержались на ступени особенного, в данном случае имелись тенденции перескочить через ступень особенного и попытаться без достаточной подготовки сразу и непосредственно перейти ко всеобщему.

Практически, в своей конкретной форме, эти попытки выражались в недооценке момента особенного для подготовки перехода к раскрытию всеобщего, т. е. в том, что такой переход начинался до того, как будут построены группы элементов, и без того, чтобы такую постройку довести до конца. Как только первые намеки на всеобщее (на закон природы) стали очевидны, особенное начинает искусственно приспосабливаться и даже подгоняться к всеобщему еще до того, как всеобщее раскрыто хотя бы в своей основе. В итоге особенное искажается и перестает служить дальнейшему раскрытию всеобщего, которое по этой причине и остается лишь в форме намеков или зародыша.

Такое положение вещей сложилось в трудах английского химика Ньюлендса, который в 1864 г. высказал «закон октав», смутно напоминающий периодический закон. Однако Ньюлендс слепо следовал эмпирическим данным и старался искусственно ограничить свой закон охватом лишь тех элементов, которые были в то время известны, совершенно не оставляя места для тех, которые могли быть открыты в будущем. Ради этого он шел на то, чтобы втиснуть в одну и ту же группу («октаву») явно различные элементы, нарушая тем самым принцип составления групп (особенного) по сходству элементов. Полученные таким образом группы оказывались плохими строительными кирпичами для общей системы, которая поэтому и не могла служить для полного раскрытия искомого закона. В итоге переход от особенного к всеобщему у Ньюлендса оказался лишь намеченным, но не реализованным и не развитым. В связи с этим позднее (1889 г.) Дм. Ив. писал:

«Задача мало двигалась при этих новых попытках к своему решению, потому что факт и в них все же ставился впереди, и закон не мог привлекать внимания, когда в одну «октаву» без всякой видимой связи ставились такие элементы, как:

|              |           |    |    |     |     |       |     |       |     |     |            |
|--------------|-----------|----|----|-----|-----|-------|-----|-------|-----|-----|------------|
| 1-я «октава» | Newlands: | H, | F, | Cl, | Co  | и Ni, | Br, | Pd,   | J,  | Pt  | и Ir.      |
| 7-я          | »         | »  | O, | S,  | Fe, | Se,   | Rh  | и Ru, | Te, | Au, | Os или Th. |

Сближения такого рода казались случайными, тем более что в «октаве» оказывалось иногда не по 8, а 10 элементов и когда Ba и V также ставились на одно место, как Co и Ni или Rb и Ru [1а, 43].

Следовательно, здесь Дм. Ив. показывает, что стремление Ньюлендса во что бы то ни стало подвести все группы под свой «закон октав» привело к разрушению, по сути дела, самих

этих групп, к лишению их естественности, т. е. к подрыву в конце концов того исходного, отправного пункта, исходя из которого только и можно было осуществить переход от групп (особенного) к общему закону (ко всеобщему).

Отличным путем шел французский натуралист Шанкуртуа. По существу он реализовал тот путь, который представляет собой попытку перейти от единичного (отдельных элементов) прямо ко всеобщему (к общей их системе), минуя группы (особенное). Практически, как это мы видели выше, такая попытка сводилась к расположению всех элементов в единый ряд по величине их атомных весов. Шанкуртуа так и поступил: он составил из всех элементов единую линию, а затем «намотал» ее на поверхность цилиндра спиралью так, чтобы сходные элементы оказались на одной вертикальной линии, один под другим или почти под другим.

В результате такого приема периодичность элементов выступила весьма наглядно, графически; однако это было лишь намеком на действительный закон природы, но отнюдь не его открытием. У Шанкуртуа при таком подходе образовалось столько пустых мест в его системе, которую он назвал «*vis tellurique*», что ни одна группа не могла считаться укомплектованной, достроенной до конца. Особенное здесь было принесено в жертву первым намекам на всеобщее, как и у Ньюлендса, но только в прямо противоположном смысле. У Ньюлендса группы были переполнены и оказались слишком тесными, иначе говоря, слишком подчиненными наличному эмпирическому материалу. Напротив, у Шанкуртуа они оказались слишком просторными, слишком оторванными от эмпирического материала; они оставляли такой простор для включения в них новых элементов, что по сути дела лишались всякой определенности; тем самым основа для всей системы становилась весьма расплывчатой, иллюзорной.

Но общим и тут и там было одно: попытка перескочить через особенное прямо к всеобщему и, приняв за закон (за открытие всеобщего) первые смутные еще намеки на него, произвольно ломать и сужать группы (особенное), или же лишать их всяких границ, делая из них нечто необъятное, неопределенное.

Немецкие исследователи периодической системы элементов — Рабинович и Тило — совершенно верно подметили этот коренной недостаток систем Ньюлендса и Шанкуртуа, общий им обоим при всей их противоположности в смысле конкретного решения вопроса. Названные авторы пишут:

«В то время как Ньюлендс пытался все известные элементы поместить в слишком тесную систему своих октав, Бегюз де Шанкуртуа, примерно, в то же время (1863) впал в против-

положную ошибку. Если оставить в стороне своеобразную форму его рассуждений (его работа носит очень спекулятивный характер, и расположение элементов проводится при помощи особой геометрической конструкции, спиральной линии «*vis tellurique*», намотанной на боковую поверхность цилиндра), то гипотезу его можно свести к утверждению: каждому целочисленному атомному весу соответствует особый элемент, и через каждые 16 элементов замыкается один период. В действительности, первые периоды имеют лишь восемь мест, а не шестнадцать; хотя разница между атомными весами, равная 16, иногда встречается среди атомных весов аналогичных элементов (см. таблицу Петтенкофера), но это отнюдь не общее правило»<sup>1</sup>.

Говоря далее об открытии периодической системы, авторы продолжают:

«Тесные рамки системы Ньюлендса характерны для труда систематика, умеющего классифицировать лишь уже известное, но не имеющего чутья к тому, что еще может быть найдено»<sup>2</sup>. Напротив, *vis tellurique* Шанкуртуа есть спекуляция теоретика, потерявшего сознание реальности и руководимого только своей фантазией. На этих примерах видно, что необходима была настоящая научная интуиция для того, чтобы на основе собранного материала создать систему элементов, которая была бы не слишком тесна и не слишком просторна, замкнута и в то же время достаточно эластична, чтобы быть в состоянии включить в себя все будущие открытия в области исследования элементов. Поэтому современники Менделеева и Лотара Мейера были правы, восприняв установление периодической системы как важное открытие, в то время как нам легко может показаться, что для того, чтобы сделать это открытие, достаточно было сесть за стол и выписать элементы в последовательности их атомных весов»<sup>3</sup>.

Это положение авторов исключительно правильно, и оно бьет не в бровь, а в глаз тем химикам и историкам химии, которые упрощают историю открытия периодического закона и утверждают, что Дм. Ив. просто взял да и записал все элементы в последовательный ряд по величине их атомных весов. Как видим, такое упрощенчество опровергается самым убедительным

---

<sup>1</sup> Е. Рабинович и Э. Тило, Периодическая система элементов, М.—Л. 1933, стр. 52—53.

<sup>2</sup> Сначала схема Ньюлендса не была столь узкой, в 1864 г. он даже предсказал «промежуточный» между кремнием и оловом элемент (будущий «германий»), но в более поздних работах (1865 г.) он пришел к тесной табл{ице}... (Примечание авторов.)

<sup>3</sup> Е. Рабинович и Э. Тило, Периодическая система элементов, М.—Л. 1933, стр. 53.

образом при сопоставлении того, что сделали предшественники Дм. Ив., с тем, что было сделано им самим.

Я не буду сейчас останавливаться на «научной интуиции» как якобы необходимом условии для подлинно научного открытия (об этом будет сказано в последней главе этой книги). То, о чем пишут авторы, указывая, что система не должна быть ни слишком узкой, ни слишком широкой, должна быть определенной и одновременно гибкой, касается по сути дела одного главного требования: она должна быть адекватной самой действительности, т. е. тому общему закону природы, который лежит в ее основе. Всякое отступление от этого требования объективности делает систему либо неэластичной, либо неопределенной, либо тесной, либо просторной по сравнению с тем, что вытекает из самой объективной реальности, отражением и выражением которой является всякая подлинно научная система. Поэтому, несмотря на противоположный характер отклонения от этого требования, который обнаружили системы Ньюлендса и Шанкуртуа, обоим им свойственен один и тот же общий недостаток: отход от действительного закона природы, искажение реального соотношения между элементами, или, другими словами, неверное отображение всеобщего в этих системах.

При этом в обоих случаях отмеченный отход и искажения в понимании и выражении всеобщего происходили от того, что переход к этому всеобщему (к системе элементов) совершался неправильно с методологической точки зрения — либо без должного учета и доработки особенного (Ньюлендс), либо вообще минуя его при попытке построить единый ряд (или «линию») из всех элементов путем расположения в порядке возрастания их атомных весов (Шанкуртуа).

Таким образом, мы видим и здесь, на рассмотренных только что примерах, что безнаказанно никак не удастся миновать особенное (группы) и вывести всеобщее (общую систему с лежащим в ее основе законом) прямо и непосредственно из единичного (из сопоставления отдельных элементов). Особенное является здесь связующим звеном между всеобщим и единичным; стоит только попытаться его устранить, как немедленно рвется и рассыпается вся логическая цепь выводов, приведших к открытию периодического закона.

В 1889 г. Дм. Ив. писал по поводу того, каким образом в химии 50-х и 60-х годов XIX века намечались первые признаки будущего периодического закона. Он привел высказывание Штреккера о примечательном ряде эквивалентов:

Cr = 26,2; Mn = 27,6; Fe = 28; Ni = 29; Co = 30; Cu = 31; Zn = 32,5, о котором Штреккер высказался так:

«Вышевыставленные отношения между атомными весами (или эквивалентами) химически сходственных элементов, ко-

нечно, едва ли могут быть приписаны случайности. Но ныне мы должны предоставить будущему отыскание законности, проглядывающей между указанными числами» [1а, 43].

Далее Дм. Ив. пишет уже от своего имени:

«В подобных сопоставлениях и мнениях видны действительные задатки и вызов периодической законности; она имела под собою к 60-м годам подготовленную почву и если высказана с определенностью лишь к концу 60-х годов, то этому причину, по моему мнению, должно искать в том, что сравнению подвергали только элементы, сходственные между собою. Однако мысль сличить все элементы по величине их атомного веса до того была чужда общему сознанию, что ни «*vis tellurique*» *De Chancourtois*, ни «*Law of Octaves*» *Newlands* не могли обратить на себя чьего-либо внимания, хотя у них обоих, как у Дюма и Штреккера, видно еще больше, чем у Петтенкофера и Ленсена, приближение к периодическому закону и даже его зародыш... Плод однако зрел, и я вижу ныне ясно, что Штреккер, де Шанкуртуа и Ньюландс стояли впереди всех на дороге к периодическому закону и им недоставало только решимости поставить дело на подобающую ему высоту, с которой видны закон и рефлексы закона на факты» [1а, 43].

Эту же мысль Дм. Ив. высказывал неоднократно и в других местах, подчеркивая, что у Ньюлендса и Шанкуртуа при всех недостатках их систем все же имеется попытка подняться выше ограниченного представления о классификации элементов только по их группам, а потому в их работах видны проблески будущего закона, тогда как у тех химиков, которые застыли на уровне сведения всей задачи систематизации элементов к разбивке их на группы, сопоставляемые внешним образом друг с другом, таких проблесков нет и не могло быть именно потому, что эти химики не выходили за рамки «особенного». Вот почему еще в 1880 г. Дм. Ив. писал:

«Возможно, что г-н *Ньюлендс* высказал закон, подобный периодическому, раньше меня, однако этого я не могу сказать о г-не *Л. Мейере*» [2, 288].

О том, что в работах Ньюлендса и Шанкуртуа «видны некоторые зародыши периодического закона», Дм. Ив. указывал и в последнем издании своих «Основ химии» [1, 613].

Итак, второй путь хотя и оказался более плодотворным по своим результатам, однако не привел к открытию периодического закона, а лишь к намекам на него опять-таки в силу неправильного понимания химиками, шедшими по этому пути, взаимоотношения между единичным, особенным и всеобщим в познании химических элементов. Попытка принять первые проблески будущего закона за самый закон и начать подчинять этим проблескам самые группы привели к тому, что особен-

ное оставалось недовершенным до своего завершения и даже искаженным.

Из всех своих предшественников Дм. Ив. выделял одного только Дюма, как того химика, воззрения которого оказали прямое и непосредственное влияние на открытие периодического закона, дав толчок мысли Дм. Ив. в нужном направлении.

Система Дюма была более гибкой, чем система Ленсена. Дюма отказался от попыток втиснуть все элементы в триады, т. е. от допущения, что в каждую группу должно входить обязательно три элемента — не больше и не меньше. У Дюма группы могут объединить и 4 и даже 5 элементов. В соответствии с этим Дюма предложил более сложную математическую формулу для выражения зависимости между атомными весами, чем обычная до тех пор формула полусуммы, т. е. среднеарифметической зависимости между ними. В качестве общей формулы для всех элементов Дюма предложил следующую:

$$x = pa + md + nd',$$

где  $p$ ,  $m$  и  $n$  суть коэффициенты, равные целому числу или нулю,  $a$  — атомный вес самого легкого элемента, входящего в данную группу,  $d$  и  $d'$  — эмпирически находимые разности атомных весов, особые для каждой группы, а  $x$  — искомый атомный вес элемента, принадлежащего к данной же группе.

Например, для галоидов общая формула Дюма получала следующее конкретное выражение при  $a=19$ ,  $d=16,5$ ,  $d'=28$ :

$$x = p19 + m16,5 + n28.$$

Коэффициенты  $p$ ,  $m$ ,  $n$  — индивидуальны для каждого элемента; определяя их, Дюма определял атомные веса отдельных элементов. Так, для отдельных членов группы галоидов он получал следующие значения:

|      | $p$ | $m$ | $n$ | $x$  | = атомный вес |
|------|-----|-----|-----|------|---------------|
| фтор | 1   | 0   | 0   | 19   |               |
| хлор | 1   | 1   | 0   | 35,5 |               |
| бром | 1   | 2   | 1   | 80   |               |
| йод  | 2   | 2   | 2   | 127. |               |

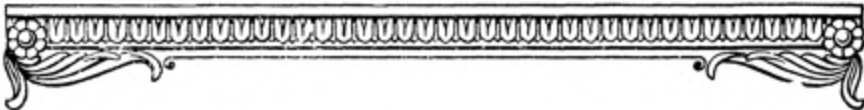
В других группах величины коэффициентов  $a$ ,  $d$  и  $d'$  были уже иные, но общий способ вычисления атомного веса  $x$  оставался одним и тем же. Таким образом, мы видим у Дюма известный намек на единство всех элементов, атомные веса которых охватываются единой формулой. Сама эта формула представляет здесь момент *всеобщего* в его взаимосвязи с моментом *особенности*, который представлен параметрами  $a$ ,  $d$  и  $d'$ , постоянными в пределах каждой группы элементов в целом, и моментом *единичности*, представленным набором переменных величин  $p$ ,  $m$  и  $n$ , характерных для каждого отдельного члена группы.

Правда, Дюма отразил лишь одну сторону общей закономерной связи между всеми элементами, а именно чисто количественную ее сторону, тем не менее в рамках такого рассмотрения вопроса ему удалось соблюсти правильное соотношение между всеми тремя моментами — единичности, особенности и всеобщности — в их применении к химическим элементам. Как мне кажется, именно это обстоятельство и заставило Дм. Ив. высоко оценить тот вклад в разработку данного вопроса, который внес Дюма. В своей некрологической заметке о Дюма Дм. Ив. писал:

«...я признаю, что современное положение вопроса об отношениях атомных весов химических элементов определено трудами и идеями Дюма более, чем кого-либо другого» [4а, 338].

Изложенное выше показывает, что научный метод Дм. Ив. сказался не только при открытии периодического закона и его дальнейшей разработке, но и при критической оценке трудов предшественников Дм. Ив. в деле подготовки указанного открытия. Тот самый научный метод, который исходит из признания единства и субординации единичного, особенного и всеобщего в процессе научного познания, дал возможность Дм. Ив. увидеть слабые места у своих предшественников, обусловленные именно тем, что эти химики не пользовались столь строго и последовательно тем методом, который привел Дм. Ив. к данному открытию.





## ГЛАВА IX

# КАК ПРИМЕНЯЛСЯ МЕТОД НАУЧНОГО ПОЗНАНИЯ В ПРОЦЕССЕ ОТКРЫТИЯ (Окончание)

### В. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ МЕТОД (Основа систематизации)

«Чтобы все объять, надо метод сравнительный »  
(Из записки Д. И. Менделеева )

Суть метода, который Дм. Ив. называл сравнительным, состоит в том, что элементы рассматриваются не изолированно, не сами по себе, а в их общей взаимной связи и в их взаимных отношениях.

Требование рассматривать изучаемые предметы в их внутренней органической связи характеризует сравнительный метод Дм. Ив. по сути дела как метод конкретно-исторический, подобно тому как К. А. Тимирязев такого же рода метод в своей области знания назвал «историческим методом в биологии».

Это составляет одно из требований диалектической логики. В. И. Ленин писал:

«Чтобы действительно знать предмет, надо охватить, изучить все его стороны, все связи и «опосредствования». Мы никогда не достигнем этого полностью, но требование всесторонности предостережет нас от ошибок и от омертвления»<sup>1</sup>.

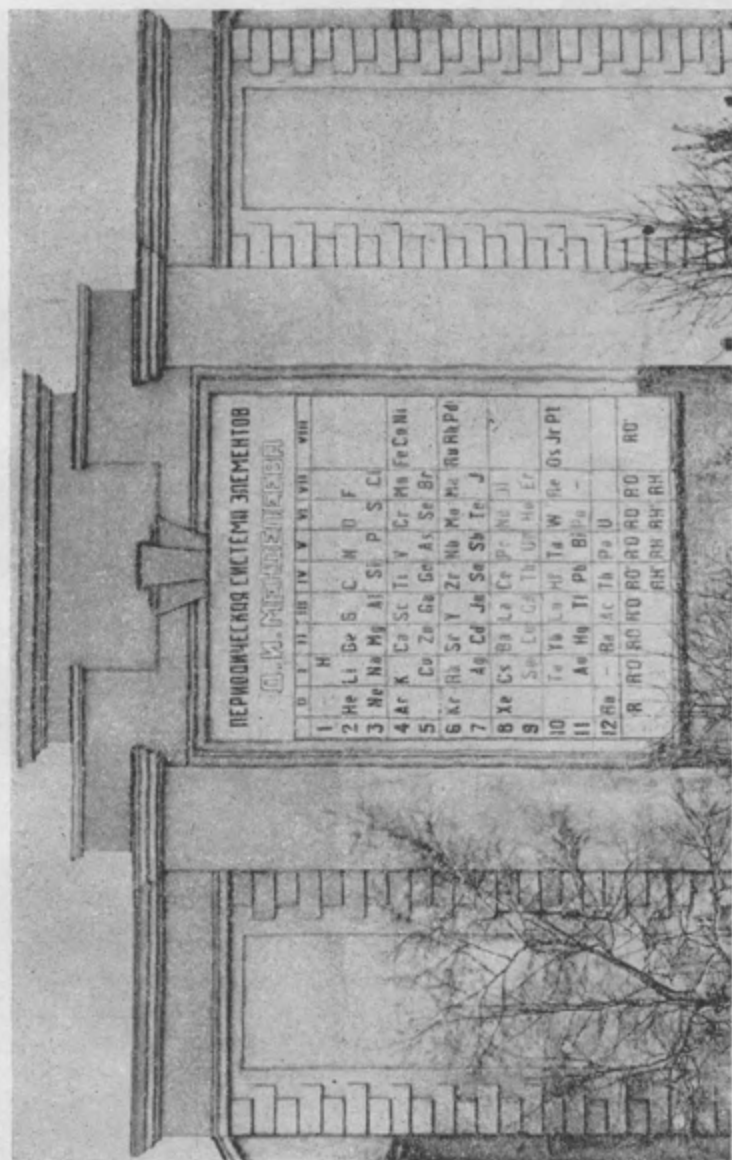
Разумеется, что Дм. Ив. не знал, что, следуя своему сравнительному методу, он на самом деле выполнял одно из требований диалектической логики.

Через всю работу Дм. Ив. над периодическим законом красной нитью проходит выработка и применение сравнительного метода. Самое открытие периодического закона и его дальнейшую разработку Дм. Ив. связывал с таким именно сравнительным методом. В конце своей первой статьи о периодическом законе он писал:

« я сам, лишь только дозволит мне время, обращусь к сравнительному изучению лития, бериллия и бора » [2, 16]

---

<sup>1</sup> В. И. Ленин, Соч., т. 32, стр. 72.



Периодическая система элементов Д. И. Менделеева. Составная часть памятника Д. И. Менделееву в Ленинграде, на Международном проспекте, возле д. № 12, где Дм. Ив. провел свои последние годы. Эта система в ее классической («короткой») форме есть воплощение сравнительного метода.



В другой статье — «Естественная система элементов и применение ее к указанию свойств неоткрытых элементов» (1870 г.) — Дм. Ив. особенно подчеркивал метод сличений и сравнений, основанных на такой системе [2, 161].

Такие же мысли о сравнительном методе изучения химических элементов Дм. Ив. высказывает и в более поздней статье, «Периодическая законность [для] химических элементов» (1871 г.). В конце статьи говорится:

«В предыдущем я не стремлюсь выставить законченную систему и знаю, что высказанное требует исправлений и дополнений, но полагаю, что надежный путь сравнительного изучения, какого я старался держаться, скорее приведет нас к той цели, какую стремиться достичь химики» [6, 81].

В чем же состоит этот сравнительный метод?

## 1. Исходный пункт сравнительного метода

*(Атомный вес — основа сравнения)*

В своем дневнике, который был начат в ноябре 1870 г., Дм. Ив. записал:

«Чтобы все обнять, надо метод сравнительный, а что выбрать руководящей нитью {?} — одно {:} вес и расстояние» [8, 614]. Вес представлен у элементов в свойстве атомного веса, расстояния (между атомами) — в свойстве атомного объема.

Примерно в это же время, т. е. в самом начале 1871 г., Дм. Ив. раскрыл смысл только что приведенной записи. В заключительном разделе «Основ химии» (изд. 1) он пояснил, что высказанная им законность управляет всею совокупностью сведений об элементах и ставит их «сравнительное изучение на почву точного обобщения, потому что исходным пунктом в этом случае служит, несомненно, наблюдаемая и подлежащая точному изучению величина, называемая атомным весом» [4, 805].

В заключение 2-й части книги, называя два измеримых свойства элементов: а) способность давать определенные формы соединений и б) атомный вес, Дм. Ив. отмечает: «...остается только один путь к основательному с ними ознакомлению — это путь сравнительного изучения элементов на основании этих двух свойств» [4, 907].

И далее: «Изучение и сравнение атомных весов должно лечь в основание всех дальнейших построений о свойствах элементов, как я это и старался воспроизвести во всем этом сочинении, и я думаю, что все сближения и сравнения элементов будут ныне очень шатки, если они не основаны на соотношениях, замечаемых между атомными весами элементов» [4, 907].

В 3-м издании «Основ химии» (1877 г.) Дм. Ив. писал: «...обычное представление о химических элементах состоит в том, что атомы их так самостоятельны и самобытны, *sui generis*, что они не превращаются друг в друга, и каждый оказывает свое самостоятельное влияние, *его природою* определяемое. Вместо этого понятия о природе элементов должно теперь поставить понятие о *его массе* и следовательно необходимо рассматривать не влияние элемента, самого по себе взятого, а его влияние сравнивать, с одной стороны, с влиянием элементов, близких по массе, и, с другой стороны, с элементами, относящимися к той же группе, но к другому периоду» [2, 269].

В этих словах изложена вся суть сравнительного метода изучения химических элементов.

Таким образом, сравнение атомных весов элементов, по заявлению самого Дм. Ив., служит исходным пунктом и основой всего сравнительного метода изучения элементов. Но сам этот пункт в качестве исходного был нащупан с помощью того же сравнительного метода.

В своей первой статье Дм. Ив. писал по поводу сравнения несходных между собой элементов:

«Все сличения, сделанные мною в этом направлении, приводят меня к тому заключению, что *величина атомного веса определяет природу элемента...*» [2, 10].

В выборе атомного веса в качестве основы для сравнения элементов большую роль сыграли материалистические взгляды Дм. Ив. как химика. В качестве основы для сравнительной характеристики различных элементов и их групп он принял то, что составляло, по тогдашним представлениям, их материальную основу. В той же статье он писал:

«...всякий из нас понимает, что при всей перемене в свойствах простых тел, в свободном их состоянии, *нечто* остается постоянным, и при переходе элемента в соединения это *нечто* — материальное и составляет характеристику соединений, заключающих данный элемент. В этом отношении ныне известно только одно числовое данное, это именно атомный вес, свойственный элементу. Величина атомного веса, по самому существу предмета, есть данное, относящееся не к самому состоянию отдельного простого тела, а к той материальной части, которая обща и свободному простому телу, и всем его соединениям» [2, 8].

До 17 февраля 1869 г. атомный вес был уже принят для сравнения сходства элементов, входящих в одну естественную группу. Позднее Дм. Ив. писал по этому поводу:

«В эпоху около середины текущего столетия вес атома элементов послужил уже одним из признаков, по которым стали сличать сходственные элементы групп...» [2, 414].

Впервые сравнительный метод, основанный на сличении атомных весов несходных элементов, Дм. Ив. применил в своих записях, сделанных на письме Ходнева. Сопоставив две группы (группу Na с группой Mg, Zn и Cd), он стал искать разности  $\Delta$  атомных весов попарно сближенных элементов из разных групп.

Вначале не удавалось еще найти более или менее постоянного значения этой разности  $\Delta$ ; но уже в верхней неполной табличке сравнительный метод дал положительный результат. Разность  $\Delta$  у смежных групп колебалась от 1 (например, Br — Se=1) до 6 (Te — Sb=6). У групп, расположенных через одну строчку,  $\Delta$  колебалась от 4 (например, O—C=4) до 10 (Te—Sn=10) и т. д.

Уже на первых порах его применения сравнительный метод дал громадный выигрыш, так как позволял не только сопоставлять разные группы элементов между собой, но и проверять, насколько их сопоставление проведено правильно, а в связи с этим, насколько правильно составлены и сами группы.

Рассмотрение разности в атомных весах элементов давало возможность Дм. Ив. расширить свой сравнительный метод, распространив его на сопоставление ряда элементов с гомологическими рядами у органических соединений. Такое сопоставление имеет характер *аналогии*. (Здесь мы видим, что приемы аналогии являются одним из моментов рассматриваемого метода, который носит более общий характер.)

Как известно, у двух соседних членов одного и того же гомологического ряда существует постоянная, так называемая «гомолгическая разница» в молекулярных весах, равная 14 и обусловленная наличием одной группы  $\text{CH}_2 = 14$  у более тяжелого (высшего) гомолога.

Однако в отличие от многих химиков, которых чересчур увлекла такая аналогия, Дм. Ив. рассматривал ее как подчиненный момент своего сравнительного метода. Здесь есть внешнее сходство, но нет совпадения или подобия, а потому эту аналогию нельзя проводить слишком далеко.

Летом 1871 г. Дм. Ив. отмечал: «Если отношение других аналогов можно *сравнить* с отношением членов гомологического ряда, то типические элементы (т. е. легчайшие. — Б. К.) можно сравнить с низшими гомологами, для коих, как известно, отношения других гомологов не повторяются» [6, 31].

Отметив в своей первой статье наличие такого рода отношения между естественными свойствами элементов и значением их атомного веса, Дм. Ив. продолжал:

«Не должно, однако, думать, что такое отношение представляет подобие гомологии по той причине, что для элементов, пары которых с точностью определены, не существует настоящей гомологической разности. Хотя пары натрия и калия, фтора и

хлора, кислорода и серы, углерода и кремния различаются на 16, но пай азота и фосфора отличаются на 17, а что гораздо важнее — разность между кальцием и стронцием, калием и рубидием, хлором и бромом и т. д. неодинакова, и изменение ее, во-первых, представляет некоторую правильность и, во-вторых, гораздо больше той разности, какую можно приписать неточности определений. В вышеуказанных сопоставлениях бросается в глаза строгая последовательность в изменении атомных весов в горизонтальных рядах и вертикальных столбцах» [2, 9].

Будучи исходным пунктом для разработки и применения сравнительного метода, сличение атомных весов подводило непосредственно к формулировке самого периодического закона, основанной на признании, что «величина атомного веса определяет характер элемента...» [2, 16].

Позднее (в 1871 г.) Дм. Ив. указывал:

«Сравнение элементов по их атомному весу может притом перевести химические о них сведения на почву механических знаний, а потому мне кажется наиболее естественным и плодотворным искать зависимость других свойств элементов от их атомных весов» [6, 21].

И еще далее: «Сравнения этого рода легко приводят к желанью сличить все элементы по величине их атомного веса...» [6, 24].

От сравнения атомных весов, как исходного пункта для развития всего сравнительного метода, Дм. Ив. переходит к сравнению элементов и по другим их свойствам, зависящим от атомных весов.

Уже в ходе открытия периодического закона 17 февраля 1869 г. выяснилось, что имеется соответствие между сопоставлением атомных весов у элементов и сопоставлением значения атомности у тех же самых элементов, расположенных уже по величине их атомного веса [доп. 65].

Отсюда Дм. Ив. делал тогда же вывод, что «числовое сличение элементов отвечает до некоторой степени и атомности и понятиям о родстве» [2, 10].

Слустья полгода с лишним, в октябре 1869 г., он писал:

«Сопоставляя элементы в группы, мы руководились преимущественно величиною их атомного веса. Такое распределение удовлетворило естественной группировке элементов, и оно оказывается удовлетворяющим и составу высших степеней соляных окислов, образуемых элементами отдельных групп» [2, 34].

Следовательно, здесь сравнительный метод берется в его более расширенном виде, как распространяющийся не только на атомные веса, но и на «формы соединения элементов» (т. е. на их атомность). При этом сравнительный метод обнаруживает но-



вые, скрытые в нем возможности. Их отмечает Дм. Ив. в той же статье:

«В том различии, которое существует в степенях соединений элементов с кислородом и водородом, можно найти ключ к разрешению многих вопросов, рождающихся при сравнении элементов по их способности соединения» [2, 35].

Сравнительный метод был расширен его распространением не только на химические, но и на физические свойства элементов. Первым таким свойством был атомный объем — «расстояние» (между атомами):

«...Сличение удельных весов и удельных объемов элементов, принадлежащих разным рядам, показывает до некоторой степени естественность системы и в этом отношении» [2, 19].

Тем самым сравнительный метод сказался не только в сличении и сопоставлении отдельных элементов и их групп между собой, но и в приведении в связь их свойств путем сопоставления их изменчивости с изменением (возрастанием) атомных весов. Отсюда непосредственно вытекала сущность периодического закона и его формулировка:

«Элементы, расположенные по величине их атомного веса, представляют явственную *периодичность* свойств» [2, 15].

Между тем до 17 февраля 1869 г. такого рода сличения и сопоставления свойств элементов с их атомным весом не осуществлялись, иначе говоря, сравнительный метод еще не применялся к данной области явлений химии. В связи с этим много лет спустя после открытия периодического закона Дм. Ив. вспоминал:

«В эту многозначительную эпоху химии выступило в ней для каждого хорошо обследованного элемента два более или менее точных количественных признака или свойства: вес атома и тип (форма) состава частиц соединений, им образуемых, хотя ничто не указывало еще ни на взаимную связь этих признаков, ни на соотношение их с другими, особенно качественными, свойствами элементов» [2, 413].

Все это вместе взятое дает веское основание считать, что, с одной стороны, периодический закон был открыт при помощи сравнительного метода, а, с другой стороны, его открытие явилось мощным стимулом к дальнейшему совершенствованию этого метода.

## 2. Результативный пункт сравнительного метода

(«Место» в системе — выражение связей элемента)

Развитие Дм. Ив. сравнительного подхода к изучению элементов вылилось 17 февраля 1869 г. в конкретную задачу: составить общую систему и найти в ней естественное место для

каждой группы, а тем самым и для каждого отдельного элемента.

Для группы вопрос решался проще. необходимо было, во-первых, чтобы сверху и снизу к ней примыкали две другие группы, одна — с большими (сверху), другая — с меньшими (снизу) атомными весами, причем столь близкими к атомным весам данной группы, чтобы в промежутке между ними нельзя было бы поместить еще одну какую-либо группу.

Другими словами, разность  $\Delta$  должна была быть минимальной из всех возможных.

Во-вторых, требовалось, чтобы в химическом отношении данная группа обладала бы промежуточной характеристикой по отношению к обоим ее соседям (сверху и снизу), за исключением того только пункта, где прикнули друг к другу полярные противоположности — группа Na и группа Cl.

Наконец, в-третьих, требовалось, чтобы значение атомности было также промежуточным при допущении ее изменения от 1 до 4 и от 4 до 1 (опять же за вычетом указанных двух групп, обладающих одинаковой атомностью =1).

В отношении же отдельных элементов дело обстояло значительно сложнее: «место» отдельного элемента в системе должно было выразить *совокупность всех связей и отношений данного элемента со своими ближайшими соседями по группе* (т. е. по горизонтали) и по периоду (т. е. по вертикали), а через них — со всеми остальными элементами вообще [доп. 66].

Такие отношения элементов в двух основных направлениях (по горизонтали и по вертикали) определились и вытекли уже из самого приема — сопоставлять в вертикальном столбце сформировавшиеся уже ранее группы, записанные в виде горизонтальных строк. Отсюда каждый член такой группы, следовательно каждый внесенный в систему элемент, оказывался во вполне определенных отношениях не только со своими соседями по группе, связь с которыми была установлена уже ранее, но и с соседями из других (несходных) групп, с которыми он был приведен в соприкосновение и связь благодаря сближению его группы с другими группами.

В центральной части системы «места» элементов, как правило, находились сравнительно легко и точно. Например, «место»  $P=31$  в системе определялось его прежним положением в группе азота, между  $N=14$  (слева) и  $As=75$  (справа), и вновь установленным его положением между  $S=32$  (сверху) и  $Si=28$  (снизу). Такое положение  $P$  должно было указывать на его свойства — промежуточные, с одной стороны, между свойствами  $N$  и  $As$  и, с другой стороны, между  $S$  и  $Si$ ; так,  $P$  обладает более неметаллическим характером, чем  $As$ , но менее, чем  $N$ , его кислота слабее, чем серная, но сильнее, чем кремневая, и т. д.

Точно так же и другие элементы. Например,  $\text{Br}=80$ , стоящий между  $\text{Cl}=35,5$  и  $\text{J}=127$ , обнаруживает соответствующие промежуточные свойства: при обычных условиях он — жидкость, которая представляет собою, как агрегатное состояние, переход от газа (хлора) к твердому кристаллическому телу (йоду).

Но на периферии системы, да и в ряде ее центральных «мест» возникали серьезные затруднения. Иногда Дм. Ив. удавалось найти путем сравнительного метода такое «место» для того или иного элемента, которое удовлетворяло лишь в одном каком-то отношении.

Так, помещение  $\text{In}=36$  в группу  $\text{Mg}$  (в нижней неполной табличке), между  $\text{Mg}=24$  и  $\text{Zn}=65$ , удовлетворяло как будто положению этого элемента между обоими названными металлами. Однако это не удовлетворяло отношению между группами, ибо  $\text{In}=36$  оказывался в таком случае не *под*  $\text{K}=39$ , а *над* ним.

Помещение того же  $\text{In}=72$  в полной черновой таблице опять в ту же группу, но на этот раз между  $\text{Zn}=65$  и  $\text{Cd}=112$ , хотя и удовлетворяло, на первый взгляд, отношениям по горизонтали, абсолютно не удовлетворяло его отношениям по вертикали, ибо  $\text{In}=72$  оказывался тогда *над* целым рядом более тяжелых элементов ( $\text{Sr}$ ,  $\text{Rb}$ ,  $\text{Se}$ ,  $\text{As}$ , не говоря уже о церитах).

Помещение же  $\text{In}=72$  в группу  $\text{C}$ , между  $\text{Ti}=50$  и  $\text{Zr}=90$ , хотя и удовлетворяло требованию, чтобы его атомный вес был промежуточным по отношению к его соседям сверху ( $\text{As}=75$ ) и снизу через один ( $\text{Zn}=65,2$ ), но не соответствовало всем другим отношениям  $\text{In}$  с его соседями по группе (по горизонтали) и по периоду (по вертикали).

То же касается помещения  $\text{In}=75,6$  в ряду  $\text{B}$ , между  $\text{Al}=27,4$  и  $\text{Ug}=116?$ . Хотя здесь удовлетворяли химические отношения, но совершенно выпадала из ряда принимавшаяся тогда форма окиси ( $\text{InO}$ ), которая не соответствовала форме  $\text{Al}_2\text{O}_3$  и не могла рассматриваться как переход от  $\text{RO}_2$  (сверху) к  $\text{ZnO}$  (снизу).

После этого Дм. Ив. поставил  $\text{In}$  за границами системы, отказавшись на время от попыток найти его «место» в системе, т. е. выяснить его взаимосвязь и взаимоотношения по крайней мере с четырьмя его ближайшими возможными соседями по системе.

На этом примере мы видим, каким образом в ходе открытия периодического закона творчески действовал в руках Дм. Ив. сравнительный метод изучения химических элементов. Он позволял исключительно гибко и всесторонне определять — правильно ли отведено данное «место» данному элементу в системе на основании совокупности связей и отношений данного элемента с другими элементами, уже занявшими свои «места» в ней.

Именно сравнительный метод позволял Дм. Ив. формировать новые, ранее не известные группы на основании того, что включаемые в состав этих групп элементы удовлетворяли по

своим свойствам определенным требованиям, которые вытекали из их помещения на данном именно «месте» в системе.

Так, Nb=94 встал между Mo=96 и Zr=90, в самом низу системы, и привлек за собой на соседнее с ним «место» Ta=182, ставший под Wo=184. В итоге оказалось, что и по горизонтали (между V=51 и Ta=182) и по вертикали Nb удовлетворил данному «месту». Тем самым образовалась новая естественная группа V—Nb—Ta, подобная тоже только что возникшей новой группе, Cr—Mo—Wo.

В «Опыте системы элементов», как простейшей начальной форме системы, отражены лишь два главных направления, выражающих взаимоотношения элементов, — горизонтальное и вертикальное. В своей первой статье Дм. Ив. отмечал наличие обоих этих направлений, когда писал, что «разность паев здесь почти одинакова для каждого вертикального и горизонтального ряда» [2, 11].

Поскольку основой для сравнения и, следовательно, для применения всего сравнительного метода служил Дм. Ив. атомный вес, то это сказалось и в результативном пункте приложения данного метода, т. е. при определении «места» в системе для каждого элемента. Дм. Ив. писал:

«В предлагаемой системе основой для определения места элемента служит атомный вес, ему свойственный» [2, 9].

Однако наряду с этими двумя основными направлениями в распространении сходства и близости между элементами уже на ранней стадии открытия периодического закона намечались и другие, более слабо выраженные, но не менее существенные направления.

Первое из них выражало уже упоминавшееся ранее сходство и близость между неполными аналогами (например, между K и Cu или между Ca и Zn и т. д.), образовавшими впоследствии одну «смешанную» группу.

Это направление стало выявляться уже в нижней неполной табличке и еще резче — в полной черновой таблице. Надо было обладать огромным тактом подлинного исследователя, чтобы из всех возможных отношений выделить сначала только первые два самых основных и главных, и к тому же наиболее резко и выпукло выраженных, а остальные направления, уже подмеченные, отодвинуть временно на второй план, с тем чтобы вернуться к ним при развитии сделанного открытия.

Например, Дм. Ив. уже заметил, что у P, кроме соотношения с полными его аналогами N и As, имеется еще определенное отношение с неполным его аналогом V. Это отношение выражалось помещением V=51 между P=31 и As=75.

Более того, Дм. Ив. нащупал тогда же, что V по вертикали находится также в некотором отношении с Ti=50,

который стоит в такой же связи с  $\text{Si}=28$ , в каком V находится к Р.

Тем не менее, выражая главные и решающие соотношения между элементами по горизонтали и по вертикали, Дм. Ив. прервал начатые сближения полных и неполных аналогов и разобил группу Р и группу V, точно так же как и группу С и группу  $\text{Ti}-\text{Zn}$ .

Поэтому в конце концов «места» Р и V, равно как Si и Ti, Sn и Zr и других неполных аналогов оказались в «Опыте системы элементов» далеко отстоящими друг от друга. Лишь позднее с помощью приема «сдвигания рядов» и образования «смешанных» групп Дм. Ив. пришел к своей короткой таблице, в которой «места» полных и неполных аналогов непосредственно сближены друг с другом.

Приемы «сдвигания» рядов и образования «смешанных» групп представляют собой одно из конкретных применений общего сравнительного метода.

Еще одним, вполне особым, направлением в системе, выражающим связи и соотношения между элементами, явилось направление, которое можно было бы назвать «диагональным». Оно выражает собой такие сходства, которые имеются у элементов, расположенных в разных, но смежных группах и в разных, но смежных периодах.

Таковы, например, отношения между  $\text{Li}=7$  и  $\text{Mg}=24$ ; или между  $\text{Be}=9,4$  и  $\text{Al}=27,4$ ; или между  $\text{B}=11$  и  $\text{Si}=28$ .

Первое отношение намечено было еще в первых выкладках, сделанных на письме Ходнева, где Li оказался связующим звеном между  $\text{Na}=23$  (сверху от Li) и  $\text{Mg}=24$  (справа от Li). О переходе от Na к Mg через Li Дм. Ив. писал и в «Основах химии».

Второе отношение вошло в поле внимания Дм. Ив. благодаря тому, что до тех пор Be соединялся с Al в одну группу. Оказалось, однако, что соотношение обоих элементов должно быть выражено именно диагональным, а не горизонтальным направлением.

Третье отношение вскрылось лишь после образования системы элементов.

Итак, мы видим, что отношения между элементами более многосторонни и разносторонни, нежели те, которые выражены двумя главными направлениями (по горизонтали и по вертикали). Чем полнее и богаче, чем многостороннее учтены и отражены связи и соотношения между элементами, тем естественнее «место» каждого элемента, входящего в систему, и тем естественнее сама система в целом.

Напротив, чем беднее, а тем более — чем одностороннее учитываются и отражаются в той или иной форме системы всеобщие

связи между элементами, тем менее естественным является «место» отдельных элементов в общей системе и тем менее естественна и вся система.

Совершенно прав был А. Е. Ферсман, когда он, подчеркивая многосторонность связей и отношений между элементами, выраженных менделеевской системой элементов, указывал на наличие в ней «трех направлений: *горизонтального, вертикального и диагонального*, которые разбивают таблицу на отдельные поля и блоки, определяя вокруг каждого элемента «звезду» его соседей...» [12, 116].

Ход дальнейшего развития системы элементов, это — процесс все более полного отражения связей между элементами, следовательно, все большего приближения к подлинно естественной системе, в которой все элементы занимают наиболее естественные для них «места». Учет у элементов все новых и новых сторон, которые ранее не были или не могли быть еще приняты во внимание, давал Дм. Ив. возможность уточнять и исправлять первоначально отведенные для отдельных элементов «места» в системе. Так было с учетом тех отношений, которые вскрывало сравнение элементов по их атомным объемам (физическая функция атомного веса) и по их максимальной валентности, по кислороду (химическая функция атомного веса).

О том, как Дм. Ив. конкретно применял сравнительный метод изучения элементов и как этот метод выглядит в действии, дает представление следующий отрывок из статьи Дм. Ив., относящейся к лету 1871 г. (речь идет о нахождении места для  $\text{In}$  в короткой системе элементов):

«Зная эквивалент и некоторые свойства элемента и его соединений, можно установить его атомный вес, признавая закон периодичности.

Если дан эквивалент  $E$  *высшей* окиси, образуемой элементом (т. е. состав окиси есть  $E_2\text{O}$ , хлористого соединения  $\text{ECl}$ ), то, помножая его на 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, получим значения возможных для него атомных весов. Та из этих величин  $E_n$  будет истинный его атомный вес, которая будет соответствовать незазанятому месту в системе и атомологическим<sup>1</sup> отношениям элемента, ибо, судя по всему, что известно поныне, в одном месте системы находится всегда только один элемент и атомологические отношения элементов в существе очень просты.

Положим, что дан элемент, образующий одну, выше не окисляющуюся, не очень энергическую основную окись, в которой эквивалент элемента  $= 38$  (надо не забыть, что в этом числе заключается некоторая неизбежная погрешность). Спраши-

<sup>1</sup> Атомологией или атоманалогией Дм. Ив. называл отношения элементов по горизонтали и по вертикали в общей системе элементов. — В. К.



вается: какой его атомный вес или какова формула его окиси? Придав окиси состав  $R_2O$ , будем иметь  $R=38$ , и элемент должно поместить в I группу. Но там на этом месте уже стоит  $K=39$ , да судя по атоманалогии, основание такого рода должно быть и растворимое и энергическое. Придав окиси состав  $RO$ , атомный вес  $R$  будет  $=76$ , но во II группе нет места для элемента с таким атомным весом,  $\{ \text{отому} \} \{ \text{то} \}$   $Zn=65$ ,  $Sr=87$ , да и все места элементов с малыми атомными весами в ней полны. Придав окиси состав  $R_2O_3$ , будем иметь для  $R$  атомный вес  $=114$ , и его должно отнести к III группе. В ней действительно есть свободное место между  $Cd=112$  и  $Sn=118$  для элемента с атомным весом около 114. Судя по атоманалогии с  $Al_2O_3$  и  $Tl_2O_3$ , с  $CdO$  и  $SnO_2$ , окись его должна быть слабым основанием. Следовательно, можно сюда поставить наш элемент, но, прежде чем решиться на это, испытаем еще и другие формулы окиси. Придав ей состав  $RO_2$ , получим атомный вес  $R=152$ ; но в IV группе нет места для такого элемента. Свободное место, соответствующее элементу с атомным весом 162, должно принадлежать какому, окись которого будет очень слабою кислотою, слабейшею, чем  $SnO_2$ , но более энергическою, чем  $PbO_2$ . С атомным весом 152 есть свободное место в VIII группе, но элемент этого места, занимая средину между  $Pd$  и  $Pt$ , должен обладать такою совокупностью свойств, которую нельзя не заметить при изучении тела, и если ее нет в нем, то это место и этот вес атома ему и не подходят. Придав окиси состав  $R_2O_5$ , получим атомный вес  $R=190$ , но в V группе нет места для такого элемента,  $\{ \text{отому} \} \{ \text{то} \}$   $Ta=182$  и  $Bi=208$ , да и элементы этих мест кислотны в виде  $R_2O_5$ .

Точно так же не подходят нашему элементу и составы окислов  $RO_3$  и  $R_2O_7$ , а потому единственный приличный для нашего элемента атомный вес есть  $R=114$ , а его окиси формула  $R_2O_3$ .

Но такой элемент и есть *индий*» [6,45—46].

Таков был общий прием определения при помощи сравнительного метода «места» для любого элемента в системе. В зародыше этот прием применялся уже 17 февраля 1869 г., но свое полное развитие он получил лишь при разработке «Естественной системы элементов» в ноябре 1870 г.

Заметим еще, что невозможность определить «места» в системе для всех без исключения элементов в самый день открытия периодического закона отнюдь не свидетельствовала в глазах Дм. Ив. о том, что периодический закон не обладает признаком всеобщности и не может в принципе охватить собой всех элементов.

Объяснялось же это, по Дм. Ив., исключительно тем, что некоторые элементы к тому времени были еще весьма слабо изучены, а потому определить их принадлежность к какой-либо



из групп было тогда практически невозможно. Но несомненным было то, что у каждого элемента должно быть свое, строго определенное «место» в системе, а потому и эти, пока еще сомнительные, элементы со временем должны будут найти принадлежащее именно им, и никому другому, «место» в общей системе.

Сомнений в общности периодического закона у Дм. Ив. не было с самого момента его открытия. Дм. Ив. был твердо уверен в том, что все неясности и сомнения в деталях со временем рассеются и что будет доказано, что, как и все законы природы, периодический закон обладает той же степенью всеобщности и в той же мере не терпит исключения.

Доказательство этого Дм. Ив. видел в проверке и подтверждении того, что вытекало теоретически, предположительно из признаков отдельных незанятых «мест» в системе элементов. На некоторые из этих свободных «мест» могли стать:

во-первых, известные уже элементы — в случае изменения формулы их окисла, и соответственно, их атомного веса, как это было сделано 17 февраля 1869 г. в отношении Ве;

во-вторых, неизвестные, но ожидаемые элементы — в случае их опытного открытия.

Такие подтверждения, по словам Дм. Ив., «только и могли доказать правильность и всеобщность закона» [2, 287].

Вот почему, будучи твердо уверен в реальности периодического закона, Дм. Ив. смело заявлял, что в отношении таких, т. е. действительных, законов природы «сомнение и проверка их служат только к их укреплению» [2, 372].

### 3. Особенность естественной систематики элементов

*(Переходы — признак естественности)*

В трудах Дм. Ив. неоднократно встречается противопоставление естественной классификации элементов — искусственной. Говоря о созданной им системе элементов, Дм. Ив. указывает:

«Твердого в этом есть пай — и вот утвердив эго достиг{нуты} естеств{енная} класс{ификация} и закон периодичности» [8, 309].

Отвергая искусственные системы, Дм. Ив. вскрывает их коренной недостаток: *односторонность*. Они произвольно и, как бы мы теперь выразились, метафизически вырывают из всего многообразия связей и отношений между элементами один или несколько случайно выделенных признаков. Остальные признаки игнорируются или искусственно, насильно подгоняются под выбранные за единственно важные, существенные.

С критики таких искусственных систем Дм. Ив. начал свою первую статью о периодическом законе [2, 3—6].

В статье, написанной летом 1871 г., Дм. Ив. указывал: искусственные системы «основаны на немногих признаках. Сюда относятся системы распределения элементов по сходству, по электрохимическим свойствам, по физическим свойствам (деление на металлы и металлоиды), по отношению к кислороду и водороду, по атомности и т. п. Недостаточность этих систем очевидна сама по себе, но они заслуживали внимания потому, что имели достоинство некоторой точности, при посредстве каждой из них вырабатывались мало-помалу химические понятия с разных сторон» [6, 38].

Но и системы, основанные на разделении элементов на естественные группы, именуемые поэтому «естественными», также обладают существенными недостатками, которые были уже отмечены выше, ибо эти системы не связывают свои группы в одно целое, но подчеркивают отсутствие связей между ними.

Недостатки искусственных систем и систем, основанных на составлении естественных групп, Дм. Ив. вскрывает с помощью своего сравнительного метода. Этот метод позволяет наглядно и убедительно показать, что именно упущено из виду в тех и других системах, вследствие чего и обнаруживается их несостоятельность.

Не говоря уже об искусственных системах элементов, которые, будучи односторонними, носили сугубо формальный характер, такой же характер обнаруживали и прежние «естественные» системы. Дм. Ив. сравнивал их с формальными классификациями в биологии. В 1898 г. он писал о состоянии дел в этом отношении до открытия периодического закона:

«Все, чего можно было достигать при изучении элементов, ограничивалось сближением в одну группу наиболее сходных, что уподобляло все это знакомство с систематикой растений или животных, т. е. изучение было рабским, описательным и не позволяющим делать какие-либо предсказания по отношению к элементам, еще не бывшим в руках исследователей» [2, 413].

Такого рода «естественные» системы элементов, а тем более все искусственные их системы представляли собой следствие поверхностного подхода к элементам и не давали возможности проникнуть во внутреннюю сущность элементов, составляющую их действительную общность, их подлинное единство.

Можно сказать так, что авторы и сторонники такого рода систем застревали на поверхностной стороне явлений и отношений между элементами и не шли дальше, в глубь этих явлений и отношений.

Такой подход был свойственен многим химикам и после открытия 17 февраля 1869 г.

Дм. Ив., например, указывает, что «г-н Л. Мейер первый из всех немецких химиков привнес внешнюю сторону идей, соответ-

ствующих периодическому закону..., однако не вник во внутреннюю сущность периодического закона после появления моего первого (в 1869 г.) доклада...» [2, 287].

Периодический закон приоткрыл дверь для проникновения во внутреннюю сущность химических элементов, как на это не раз указывал Дм. Ив. Именно потому этот закон и лег в основу подлинно *естественной* системы элементов. Вместе с тем в эту систему оказались включенными и все те стороны и группы, которые в прежних системах, как искусственных (стороны), так и «естественных» (группы), вырывались из их естественной связи и клялись произвольно в основу соответствующей классификации.

В 1871 г. Дм. Ив. писал:

«Закон периодичности... удовлетворяет в то же время и тем началам, которые попеременно применялись в искусственных системах, а потому дает возможность построения наиболее совершенной системы, лишенной вовсе произвола» [6, 38].

Соответственно глубине подхода к изучаемому предмету Дм. Ив. проводил градацию самой науки на описательную и систематическую науку [8, 623].

В связи с этим представляет интерес обратить внимание на то, как тщательно Дм. Ив. подбирал первое название для своей системы элементов, дабы оно могло выразить существо сделанного открытия (см. фотокопию V).

В русском оригинале он назвал ее сначала «Опыт системы», потом зачеркнул слово «системы» и над ним написал «распределение». Но затем восстановил первоначальное название.

Во французском оригинале сначала стояло «*Essai d'une classification*», после чего слово «*classification*» было заменено на «*système*».

Это показывает, что, прежде чем выбрать слово «система», Дм. Ив. «примерил» и отверг термины «распределение» и «классификация», как не выражающие существа сделанного им открытия. Поскольку в основу таблицы был положен закон природы, найденная Дм. Ив. закономерная связь элементов была свободна от искусственности и произвола, так что таблица Дм. Ив. была в корне противоположна всем прежним построениям, которые часто именовались «классификацией элементов». Поэтому более подходящим термином оказалось слово «система».

Другим коренным недостатком прежних систем, как искусственных, так и «естественных», кроме их односторонности, была *резкость проводимых разграничительных линий, абсолютное противопоставление и разрыв между полярными противоположностями*. Эта черта свойственна всем вообще метафизическим системам.

В 1885 г., вскрывая отличительные черты старого, метафизического метода мышления, Ф. Энгельс писал:

«Между тем именно эти, считавшиеся непримиримыми и неразрешимыми полярные противоположности, эти насильственно фиксированные, неподвижные разграничительные линии и отличительные признаки классов и придавали современному естествознанию его ограниченно-метафизический характер. Центральным пунктом диалектического понимания природы является признание той истины, что эти противоположности и различия, хотя и существуют в природе, но имеют только относительное значение, и что, напротив, их воображаемая неподвижность и абсолютное значение привнесены в природу только нашей рефлексией»<sup>1</sup>.

Явно метафизический подход сказался и в области химии, в частности в учении об элементах. Например, здесь долгое время признавался абсолютно резкий разрыв между металлами и неметаллами («металлоидами»).

С помощью сравнительного метода Дм. Ив. вскрыл коренные недостатки такого рода деления элементов. Он писал в своей первой статье:

«Наиболее распространенное разделение их на *металлы* и *металлоиды* опирается как на физические различия, замечаемые между многими простыми телами, так и на различия в характере окислов и соответственных им соединений. Но то, что казалось при первом знакомстве с предметом ясным и абсолютным, то при ближайшем знакомстве с ним совершенно потеряло свое значение. С тех пор как стало известным, что один элемент, как напр. фосфор, может являться и в состоянии металлоида, и в металлическом виде, стало невозможным опираться на различия в физических признаках. Образование основных и кислотных окислов не представляет также ручательства сколько-либо точного, по той причине, что между резко основными и кислотными окислами существует ряд окислов переходных...» [2, 3].

Составляя в 1871 г. план для новой статьи, посвященной периодическому закону, Дм. Ив. вновь подчеркнул:

«...сист{ема} по металл{ам} не год{на,} ибо {элементы} не резко на кисл{отные и} на осн{овные} разд{еляются}» [8, 310].

Категорически отвергая резкое разделение элементов на металлы и неметаллы, Дм. Ив. со всей настойчивостью подчеркивал наличие *переходов* между обоими противоположными классами. Эти переходы, будучи связующим началом, и придают внутреннее единство, цельность и естественность той системе элементов, которую создал Дм. Ив.

<sup>1</sup> Ф. Энгельс, Анти-Дюринг, 1953, стр. 14.

Еще летом 1869 г. Дм. Ив. отмечал по поводу своей системы элементов:

«Она отвечает отлич{ию} металл{ов} и мегалл{оидов} и постепенному их вз{аимному} переходу» [8, 74].

Во второй части «Основ химии» Дм. Ив. указывал на явное противоречие между разделением элементов по их химическому сходству на группы и их делением на два класса: металлы и неметаллы; приведя несколько вертикально поставленных групп (рядов) неметаллов (группы F, O и N), Дм. Ив. заключает:

«Замечательно, что в крайних высших своих членах все эти ряды представляют ясные металлоиды, в низших же они содержат тела, имеющие общий вид и свойства металлов, так что тут мы ясно видим подтверждение тому, что группировка элементов по их химическому сходству совершенно не соответствует делению их на металлы и металлоиды» [4, 537].

Дм. Ив. всюду вскрыл *переходы* между металлами и неметаллами. Эти переходы существуют:

а) в пределах *групп* — от наиболее легких ее представителей, у которых металлические свойства выражены слабее, а неметаллические сильнее, к наиболее тяжелым, у которых дело обстоит как раз наоборот;

б) в пределах *периодов*, в начале которых (в «короткой» таблице) стояли наиболее активные (щелочные) металлы; а в конце — наиболее активные неметаллы (галогены), поскольку инертные газы были открыты значительно позднее;

в) в соединениях *одного и того же элемента*, низшие степени окисления которого обладают более основным (металлическим) характером, а высшие — более кислотным (неметаллическим) характером.

И в том, и в другом, и в третьем случаях элементы, занимавшие промежуточное положение между обеими крайностями, образовывали постепенный переход от одной из этих крайностей к другой, так что никаких резких, абсолютных разграниченных линий провести между ними было невозможно.

Сравнительный метод как раз и вскрывает такого рода *естественность* в отношениях между элементами, выражающуюся в наличии постепенных переходов от одной противоположности к другой через целый ряд промежуточных, опосредствующих звеньев.

В той же 2-й части «Основ химии», например, указывается:

«...деление окислов на основные и кислотные никак не может быть резким, и здесь встречаемся с наиболее убедительными тому примерами: окислы бора и алюминия составляют отличные примеры переходных окислов, близких к самому пределу, разграничивающему эти два разряда химических соединений» [4, 632].

При изучении химических элементов и особенно при выработке их системы Дм. Ив. неизменно подчеркивал наличие переходов между противоположными, казалось бы, совершенно несовместимыми между собой крайностями. В связи с этим он уделял много внимания семействам Fe, Pt и Os, которые по самому своему существу образовывали переходы между различными частями системы.

Еще в первой своей статье Дм. Ив. писал:

«При этом ряд Cr, Mn, Fe, Ni, Co должен составить переход (пай от 52 до 59) от нижней части 3-го столбца (где K, Ca, V) к верхней части 4-го столбца (т. е. к Cu), так же как Mo, Rh, Ru, Pt составят переход от 5-го столбца к 6-му (к Ag), а Au, Pt, Os, Ir, Hg? от 8-го к 9-му. Система получится спиральная» [2, 11], следовательно непрерывная.<sup>1</sup>

Спустя несколько месяцев Дм. Ив. отмечает последовательный переход от металлов к металлоидам и вновь называет Cr, Mn, Fe [8, 74].

Летом 1871 г. он снова пишет об этом же переходе, называя соответствующие элементы «переходными членами» [6, 28].

Еще много лет спустя он указывает, что «элементы эти во всех отношениях представляют свойства, переходные от последних членов четных рядов к первым членам нечетных, напр., Fe, Co и Ni представляют переход от Cr и Mn к Cu и Zn» [2, 421].

Вспомним теперь, как тщательно и долго искал Дм. Ив. место для семейств железа, палладия и платины в своей только еще формирующейся системе. Речь ведь шла о том, чтобы придать естественность всей этой системе, показав в ней последовательный переход от одной противоположности (металлов) к другой (неметаллам). Без определения места для всех, в полном смысле слова, *переходных* элементов невозможно было бы выразить общие связи и отношения между всеми элементами вообще.

Вот почему предварительное составление частичной таблички из указанных трех семейств с последующим ее подключением к основной таблице элементов не только позволило Дм. Ив. достроить «особенное» в этом пункте знаний об элементах, но дало возможность связать между собой: Cu с Mn, Cr, V, Ti — через переходное звено, состоящее из Co, Ni, Fe, так же как позволило связать Ag с Mo, Nb, Zr — через переходное звено, образованное из Pt, Rh, Ru, и так же связать Hg с W, Ta — через переходное звено из Pt, Ir, Os.

Анализируя весь процесс составления системы элементов, отраженный в обеих неполных табличках и в полней черновой таблице, мы обнаруживаем творческое применение Дм. Ив. сравнительного метода к изучению элементов в том отношении,

<sup>1</sup> В оригинале вместо Pt напечатано Pb, а вместо Pt — Pd. — Б. К.



что всюду и везде Дм. Ив. сопоставлял и сближал *разные* группы элементов, а не разделял их по признаку принадлежности либо к металлам, либо к неметаллам.

После столь плодотворного и доказательного применения сравнительного метода казалось бы уже совершенно невозможно настаивать на прежнем искусственном делении всех элементов на два резко обособленных класса — металлы и неметаллы, без раскрытия постепенности перехода между ними. Однако такого рода попытки еще долгое время спустя после открытия периодического закона предпринимались химиками, не понявшими ни существа сделанного Дм. Ив. открытия, ни существа применявшегося Дм. Ив. при этом метода исследования [доп. 67].

Сравнительный метод, понимаемый в самом широком смысле слова, исключает не только признание резкости различий между металлами и неметаллами, но вообще признание каких-либо абсолютно резких, разорванных между собой полярностей. Всякие противоположности в природе признаются, согласно этому методу, относительными, переходящими одна в другую, образующими область их взаимного проникновения.

Это касается и таких понятий, как *тождество* (сходство, аналогия, подобие) и *различие* (несходство). Дм. Ив. отвергает мысль об абсолютном (полном) сходстве, какое приписывали химики членам своих «естественных» групп, противопоставляя его несходству у членов разных групп.

По этому поводу Дм. Ив. предупреждал, что «легко при образовании групп впасть в заблуждение, потому что все понятия о сходстве и подобии всегда будут относительны и резкости или точности не представляют» [2, 264].

Сближение разорванных ранее противоположностей, раскрытие их внутренней связи и перехода, их взаимообусловленности и неразрывности — таковы существенные признаки сравнительного метода в его применении к изучению элементов.

В день открытия 17 февраля 1869 г. такое именно раскрытие единства противоположностей произошло сразу в нескольких направлениях.

Во-первых, были сближены группы несходных элементов и прежде всего полярно-противоположных. Благодаря этому сходство и несходство, тождество и различие в трактовке химических элементов и их групп утратили свой прежний абстрактный, абсолютный характер.

Во-вторых, раскрылся двоякий переход от сближенных таким образом полярных противоположностей (щелочных металлов и галоидов): один — резкий, при непосредственном переходе от галоидов к щелочным металлам; другой — постепенный при постепенном переходе от щелочных металлов к галоидам через



несколько групп элементов переходного типа. По поводу первого перехода Дм. Ив. писал в 1871 г.:

«Переход от  $\text{Cl}$  к  $\text{K}$  и т. п. также во многих отношениях будет соответствовать некоторому между ними сходству, хотя и нет в периоде других столь близких по величине атома элементов, которые качественно были бы между собою столь различны. По этой последней причине сплошность рядов здесь всего легче и разорвать, с  $\text{K}$  начать, а  $\text{Cl}$  кончить период. В сущности же (как замечено мною еще в 1869 году) все распределение элементов представляет непрерывность...» [6, 34].

Следует заметить, что еще в феврале 1869 г. Дм. Ив. пришел к мысли о существовании между галоидами и щелочными металлами каких-то еще неизвестных элементов  $x$  с промежуточными атомными весами (см. фотокопию IX). Эти предполагаемые элементы  $x$  должны были сделать не таким резким переход между обеими полярными группами. Спустя более чем четверть века они воплотились в гелий, неон и аргон. Следовательно, и в этом отношении сравнительный метод служил могучим средством научного предвидения.

В-третьих, обнаружилась взаимосвязь между ранее разоб-  
щенными противоположными сторонами в характеристике самих элементов — качественной (представленной прежде всего химической индивидуальностью элементов) и количественной (представленной прежде всего их массой, или атомным весом).

А. Е. Ферсман следующим образом нарисовал современную картину того, что было создано Дм. Ив. с помощью сравнительного метода изучения элементов:

«...тесная связь непрерывности и прерывности в изменениях свойств элементов, двойственность каждого элемента, носящего в себе всегда признаки металла и неметалла, плюса и минуса. В каждом последующем элементе как бы нарастают свойства, противоречащие предшествующему. Постепенно изменение этих свойств прерывается скачком через инертные газы, и затем начинается новый ряд в том же порядке» [12, 117].

Итак, отказ от резких граней, признание переходов и взаимной связи противоположностей характеризуют одну из самых важных особенностей сравнительного метода и, соответственно этому, одну из важнейших черт того, что Дм. Ив. назвал «естественностью» в противоположность «искусственности».

Но не всякий переход между противоположностями Дм. Ив. считал удовлетворяющим требованиям естественности и, следовательно, требованиям сравнительного метода, но лишь такой, который вместе с тем отражал многосторонность отношений между элементами. Этому не удовлетворял, например, так называемый «ряд напряжения», составленный согласно электрохимической теории Берцелиуса.

Считая распределение элементов по их электрохимическому сродству мало удачным, Дм. Ив. писал в своей первой статье:

«При столь разнообразных отношениях, какие существуют между простыми телами, нельзя и думать систему их представить в виде одного непрерывного ряда, потому что отгашения тел бывают чрезвычайно разнообразны. Притом, распределяя тела по сродству или по электрическому порядку, невольно упускают из виду обратность реакций, составляющую существенное свойство химических отношений. Если цинк разлагает воду, то и водород разлагает окись цинка. Хлор вытесняет кислород, но и кислород то же делает с хлором, что видим в самом получении хлора, которое состоит в окислении хлористого водорода. Это совершенно ускользает от внимания тех, кто стремится распределить элементы в непрерывный ряд» [2, 4].

Имея в виду систему элементов типа той, которая изображена на фотокопии VI, но длинную, Дм. Ив. писал:

«...большие периоды (равно и малые, начинающиеся с Li и Na) начинаются резкими щелочными металлами, а кончаются резкими же по химическому характеру — галоидами. Элементы этих групп издавна, еще электрохимиками, ставились по концам системы элементов и это совпадение рационального распределения элементов по их атомному весу с тем, какого достигли руководствуясь соображениями совершенно иного рода, я выставляю здесь как одно из ясных доказательств естественности закона периодичности. Некоторую долю прогресса заключало в себе и электрохимическое учение» [6, 33].

Следовательно, в ряду других свойств и во взаимности с ними электрохимические признаки элементов должны были найти определенное отражение в естественной системе элементов, поскольку они так или иначе выражали какую-то одну определенную сторону реальных отношений между элементами. Но отражение этой стороны элементов в «ряде напряжения» было односторонним, упрощенным, а потому искусственным, хотя оно и создавало впечатление непрерывности перехода от наиболее сильного электроположительного элемента (Берцелиус считал, что это был К) к наиболее сильному электроотрицательному элементу (Берцелиус считал, что это был О).

Напротив, в системе элементов все эти полярности и переходы между ними отразились значительно сложнее, так сказать, разветвленно, т. е. сразу во многих направлениях, а не в одном, какое создается при расположении элементов в один последовательный (линейный) ряд.

Учет переходов между различными категориями элементов, признание, что эти переходы исключают внезапные, резкие разрывы, нарушающие правильное, монотонное изменение — нарастание или уменьшение — значений количественно измеримых

свойств,— все это составляет конкретное следствие общего сравнительного метода.

Так, согласно этому методу, группы элементов должны были примкнуть одна к другой вплотную, дабы не образовалось между ними никаких «пустот», т. е. никаких разрывов, пустых промежутков, незанятых строк.

Когда в верхней неполной табличке Дм. Ив. надписал над группой Cl группу Ca, то обе группы хотя и примкнули одна к другой, но недостаточно плотно:

$$\begin{array}{cccc} & \text{Ca} = 40 & \text{Sr} = 87 & \text{Ba} = 137 \\ \text{F} = 19 & \text{Cl} = 35,5 & \text{Br} = 80 & \text{J} = 127. \end{array}$$

В промежутке между ними могла войти еще одна, здесь целиком пропущенная группа, а именно группа Na:

$$\text{Li} = 7 \quad \text{Na} = 23 \quad \text{K} = 39 \quad \text{Rb} = 85 \quad \text{Cs} = 133.$$

Поэтому, следуя сравнительному методу, Дм. Ив. и ликвидировал обнаружившуюся «пустотность», добившись доведения до минимума разности  $\Delta$  в атомных весах у смежных групп. Тем самым переход от  $\text{Ca} = 40$  к  $\text{K} = 39$  и далее к  $\text{Cl} = 35,5$  стал более постепенным, а потому и более естественным, чем первоначальный резкий переход от  $\text{Ca} = 40$  сразу к  $\text{Cl} = 35,5$ .

В дальнейшем во всех случаях, когда требовалось добиться большей постепенности перехода от одного элемента к другому, Дм. Ив. применял этот прием сравнения элементов.

Другим проявлением того же познавательного приёма служит определение любых свойств элемента на основании его отношений к своим соседям по группе и по периоду.

Поскольку существует *постепенность переходов* в обоих этих направлениях, при расположении элементов согласно периодическому закону, т. е. и по горизонтали и по вертикали, то можно вычислить свойства любого промежуточного члена ряда, зная свойства окружающих его членов того же ряда.

В 1871 г. Дм. Ив. обобщил этот прием в следующем правиле:

«Для определения свойств соответственных соединений можно поэтому составлять пропорции и находить средние, а потому свойства всех элементов, собственно говоря, оказываются в тесной зависимости... Так, атоманалоги селена суть As и Br, с одной стороны, и S и Te, с другой. Его атомный вес занимает средину между ними:  $\frac{75+80+32+125}{4} = 78$ , так и свойства  $\text{SeH}_2$  занимают средину между свойствами  $\text{AsH}_3$ ,  $\text{BrH}$ ,  $\text{SH}_2$ ,  $\text{TeH}_2$  и т. д.» [6, 39].

На такой именно методологической основе, вытекающей из сравнительного метода, строились и предсказания значений свойств еще неизвестных элементов, как это мы видели в полной

черновой таблице (в отношении элемента  $x=72$ ) и в белой таблице (в отношении элементов  $?=45$ ,  $?=68$  и других).

Позднее, уже в начале XX века, Дм. Ив. охарактеризовал этот прием следующим образом:

«Предсказания эти были, по существу, тем, что называется в математике интерполированием, т. е. нахождением промежуточных точек на основании крайних, когда известен закон (или направление кривой, его выражающей), по которому точки следуют друг за другом. Поэтому оправдание предсказанного есть не что иное, как способ утверждения законности, и, следовательно, теперь можно смело полагаться на то, что в 1869—1871 гг. было только вероятным, и уверенно признавать, что химические элементы и их соединения находятся в периодической зависимости от атомных весов элементов. Экстраполировать, т. е. находить точки вне пределов известного, нельзя было на основании еще неупроченной законности» [2, 475].

Можно дать следующую характеристику тому, что Дм. Ив. понимал под «естественностью» и «искусственностью».

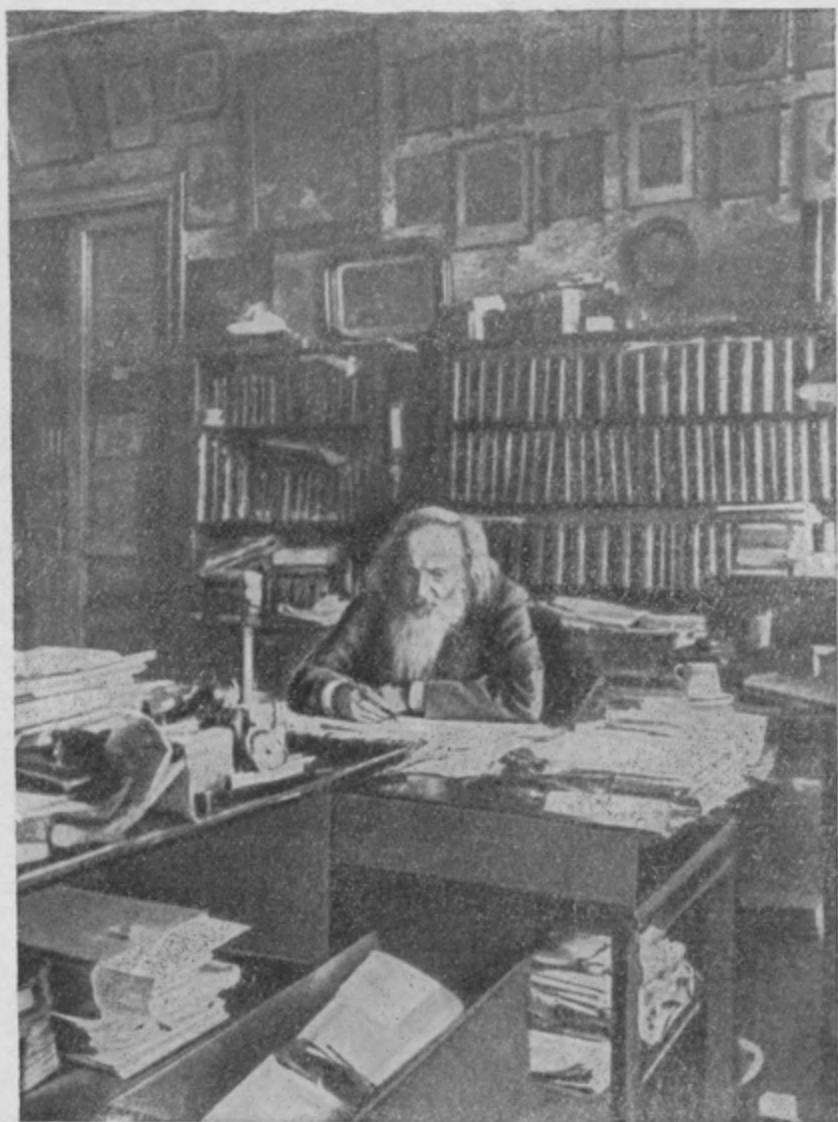
а) *Искусственность* означает метафизичность в смысле односторонности подхода и навязывания резких, не существующих в самой природе граней и разрывов, как прямое следствие неглубокого, поверхностного и чересчур прямолинейного подхода к изучаемым явлениям.

б) Напротив, *естественность* предполагает учет многосторонности и разнообразия изучаемых связей, признание реально существующих переходов между противоположностями, как прямое следствие более глубокого, более содержательного и гибкого подхода к изучаемым явлениям, позволяющую проникать в их скрытую сущность.

Короче говоря, *естественность* означает максимальное соответствие данной системы или вообще данных представлений самой объективной природе, «естеству»; искусственность же есть нарушение этого соответствия, т. е. противоречие природе.

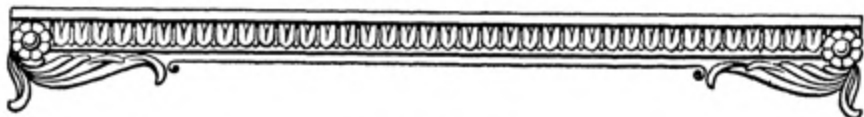
Таков был научный метод, примененный Дм. Ив. при открытии периодического закона и при его дальнейшей разработке. Я охарактеризовал его трояко: как метод восхождения, как метод обобщения и как сравнительный метод. Очевидно, что все это — не какие-то совершенно особые, различные между собой методы, но лишь различные стороны, или моменты единого познавательного метода, имя которому *диалектическая логика*.

Дм. Ив. пользовался этим творческим методом, не зная того, что он собой представляет в философском отношении. Несмотря на это, данный метод был применен Дм. Ив. в день 17 февраля 1869 г. и позднее с таким большим успехом, который редко встречается в истории науки.



Д. И. Менделеев. 1904 г.  
Рабочий кабинет в Главной палате мер и весов, где, в частности,  
Дм. Ив. делал свои записи и вел беседы об истории открытия  
периодического закона





## ГЛАВА X

### О ЧЕМ СВИДЕТЕЛЬСТВУЕТ ДЕНЬ ОТКРЫТИЯ

#### *(Пути научного творчества)*

«Во всей моей жизни есть какая-то поэтическая струя неизвестности за завтра...»

*(Из дневника Д. И. Менделеева.)*

« — Как вам пришла в голову, Дмитрий Иванович, ваша периодическая система?..

— Да ведь... я над ней может быть двадцать лет думал, а вы думаете: сидел и вдруг... готово!»

*(Из разговора Д. И. Менделеева с репортером.)*

Рассматривая историю открытия периодического закона в свете новых архивных материалов, мы показали, сколь несостоятельны были многие версии, созданные по поводу этого важного для истории науки события. В частности, мы показали, каким путем Дм. Ив. шел и пришел к своему открытию в день 17 февраля 1869 г.

Вместе с тем мы поставили еще и следующие вопросы: правильно ли установлены нами даты событий? В силу каких причин Дм. Ив. отсутствовал на заседании Русского химического общества 6 марта 1869 г.?

Эти вопросы были выяснены нами в ходе предыдущих рассуждений. Но теперь возникают еще другие, новые вопросы, носящие более общий характер:

1) Был ли момент случайности и неожиданности в открытии Дм. Ив. периодического закона, и если был, то в чем он состоял?

2) Сыграла ли в этом открытии какую-либо роль фантазия и какую именно?

3) Сказались ли в этом открытии какие-либо особые национальные черты ученого? Сказались ли исторические условия, в которых это открытие протекало, не говоря уже о гениальности его автора и других его личных качествах?

4) Носило ли это открытие характер революционного скачка или эволюционной постепенности?

На выяснении этих вопросов мы и остановимся в заключение нашего исследования.

Все изложенное выше позволяет дать с полной убедительностью ответы на поставленные только что вопросы.



## 1. О моменте случайности и неожиданности в научном открытии

Вновь обнаруженные материалы неоспоримо свидетельствуют о том, что в истории открытия периодического закона ярко сказался момент случайности и неожиданности. Этот момент проявился в данном случае в следующем: великое открытие, подготовленное всей предыдущей, очень длительной и упорной работой Дм. Ив. над изучением свойств и взаимоотношений химических элементов, совершилось в такой день, который по личному плану Дм. Ив. был отведен для совершенно других, гораздо более прозаических целей, далеких от химической науки. Еще накануне дня открытия Дм. Ив. *не знал*, что ожидает его завтра.

Тем ослепительнее и ярче блеснула гениальная творческая мысль Дм. Ив. в день 17 февраля 1869 г., тем неожиданнее для него самого явилось открытие, которое он сделал почти внезапно, да к тому же буквально сидя на чемоданах.

Во всей этой удивительно своеобразной истории одного из величайших научных открытий выступило то, что Дм. Ив. писал о себе самом и о характере своего научного творчества в дневнике 1861 г., за 8 лет до открытия периодического закона. Запись, сделанная 1/13 февраля, гласит:

«Во всей моей жизни есть какая-то поэтическая струя неизвестности за завтра, и не хотелось бы определенного-то иметь — бог с ним» [14, 123].

Через 5 дней, 6/18 февраля, Дм. Ив. записал, что в его жизни «есть что-то не пошло-обыкновенное, рассчитанное, есть поэзия неожиданности...» [14, 124].

Так можно считать бесспорно установленным, что в самый канун 17 февраля 1869 г. Дм. Ив. отнюдь не намеревался в этот день приступить к поискам какого-то неизвестного да к тому же фундаментального закона химии, а, напротив, был по-видимому, занят подготовкой к предстоящей поездке на сыроварни.

Судя по этим фактам, можно заключить, что открытие периодического закона было сделано Дм. Ив. в полном смысле слова внезапно и неожиданно с точки зрения тех планов, которые намечал для себя на эти дни сам Дм. Ив. В то же время необходимо подчеркнуть, что оно, конечно, не было неожиданностью с точки зрения развития научной мысли Дм. Ив., занятой в течение многих лет упорными поисками более прочных и точных основ для распределения элементов. Как мы показали выше, эти поиски неуклонно подводили Дм. Ив. к открытию периодического закона, логически подготавливали это открытие и блестяще завершились этим открытием [доп. 68].

При этом имело место отмечавшееся уже ранее случайное совпадение двух ничем по существу не связанных между собой событий, таких, как выезд по делам сыроварен, с одной стороны, и доведение работы над «Основами химии» до составления системы элементов в качестве общего плана книги — с другой.

Оба эти события, будучи независимыми друг от друга, развивались вполне закономерно и последовательно. Оба ряда событий столкнулись случайно в день 17 февраля, назначенный для выезда Дм. Ив. из Петербурга; вследствие такого случайного столкновения именно в *этот* день совершилось величайшее открытие в химии. Нельзя в связи с этим не вспомнить известное плехановское высказывание о том, что случайность возникает в месте встречи (или пересечения) необходимых рядов.

Случайности и неожиданности несомненно имеют место в научном творчестве. Перефразируя известные слова Маркса, можно сказать, что без случайностей история науки имела бы довольно мистический вид<sup>1</sup>. Только не следует, конечно, изображать эти случайности и неожиданности как некое наитие, которое вдруг, ни с того и ни с сего, осеняет ученого, и если бы оно его сейчас не осенило, то этот ученый, возможно, никогда бы не сделал своего открытия.

Разумеется, такое понимание случайности и неожиданности не имеет ничего общего с действительной историей науки, как не имеют с ней ничего общего всякого рода излюбленные идеалистами рассуждения об интуиции, о подсознательном, о внезапном прозрении и т. п. вещах, которые якобы играют решающую роль во всяком научном открытии [доп. 69].

Критикуя такой взгляд на историю научных открытий, Дж. Бернал пишет:

«Миф о «великих» людях дольше сказывался на истории науки, чем на общественной и политической истории. Многие труды по истории науки фактически представляют собой не более, чем рассказы о великих исследователях (discoverers), которым эпохальные открытия секретов природы приходят в виде каких-то апостольских откровений»<sup>2</sup>.

История открытия периодического закона показывает, как совершается развитие науки. В том, как этот закон был открыт Дм. Ив., не было ничего «случайного», произвольного, интуитивно-подсознательного; напротив, в открытии Дм. Ив. проступает сознательное отыскивание неизвестной еще закономерности природы; поэтому и поиски ее носили с самого начала характер закономерного приближения, шаг за шагом, к раскрытию неизвестной еще закономерности, к познанию ее конкретной физической формы; она раскрывалась постепенно:

<sup>1</sup> См. К. Маркс и Ф. Энгельс, Избранные письма, 1953, стр. 264.

<sup>2</sup> Дж. Бернал, Наука в истории общества, ИЛ, М. 1956, стр. 29.

сначала — в общей форме, как зависимость свойств от атомного веса элементов в отдельных сопоставляемых группах (см. заметки на письме Ходнева, на фотокопии II);

затем — как зависимость, носящая периодический характер и выражающаяся в табличном виде сперва только для некоторых, наиболее изученных элементов (см. неполные таблички на фотокопии III);

наконец — как зависимость всех элементов, т. е. как всеобщая связь между всеми элементами, как их всеобщая закономерность (см. полную черновую и беловую таблицы на фотокопиях IV и V).

Никакой «случайности» в том смысле, какой вкладывают в понятие «случайности» идеалисты, т. е. в смысле чего-то незакономерного, беспричинного, произвольного, в открытии Дм. Ив. периодического закона не было.

Иногда совершенно неправильно истолковывается факт раскладывания Дм. Ив. карточек элементов, как простое пробование случайных комбинаций карт, подобно гому, как наугад, на счастье вытаскиваются отдельные карты из игральной колоды и подсчитывается — какая вероятность того, что случайно попадутся нужные карты. Ничего похожего на такую ставку на счастливую случайность не было в поисках Дм. Ив. периодического закона.

Напротив, Дм. Ив. прибег к карточкам после того, как основная идея о таком именно законе уже ясно определилась в верхней, а особенно в нижней неполной табличке, охватившей уже две трети всех элементов. Задача состояла в том, чтобы распространить то, что было уже найдено для двух третей известных тогда элементов, на оставшуюся их треть, т. е. на размещение наименее изученных, а потому и наиболее трудных и сомнительных элементов.

Карточки и весь «химический пасьянс» послужили Дм. Ив. лишь техническим приемом, наиболее подходящим для того, чтобы с минимальной затратой времени и сил, во избежание многократного переписывания таблиц, быстрее образом производить подбор и перестановки отдельных элементов. Вот почему в «Основах химии» Дм. Ив. подчеркивает, что это «быстро и привело» к открытию периодического закона.

Но подбор и перестановка элементов производились не случайно, не произвольно, а в строгом соответствии с периодическим законом.

Слово «пасьянс», введенное А. Е. Ферсманом (12, 101), очень удачно (но, разумеется, только образно) выражает самую суть приема, примененного Дм. Ив. [доп. 70]. В «Основах химии» Дм. Ив. говорит, что он «стал подбирать... сходные элементы и близкие атомные веса».

В горизонтальные ряды Дм. Ив. располагал сходные элементы, т. е. элементы одной группы (соответственно, карточки одной химической «масти», но разного «значения»); в вертикальные столбцы он располагал элементы с близкими атомными весами, т. е. элементы одного периода (соответственно, карточки примерно одного «значения», но разной химической «масти»). Следовательно, «пасьянс» означал не случайное комбинирование карточек, а строго определенное, *правильное* их расположение (по «масти» — в рядах, и по «значению» — в столбцах).

Достиг этого Дм. Ив. отнюдь не случайными пробованиями, а кропотливой и упорной работой, в основе которой лежал сравнительный метод изучения химических элементов. С помощью этого сознательно применяемого метода Дм. Ив. шаг за шагом приближался к тому, чтобы расположить в указанном порядке не часть карточек, а все 63 карточки с химическими элементами.

И пока в таком *правильном* порядке не были расположены все карточки, Дм. Ив. не считал свою работу законченной.

При наличии указанной правильности в расположении карточек легко определить, какой карточки не хватает в соответствующем ряду или столбце (т. е. какой «масти» и какого «значения» должна быть отсутствующая карточка). Это хорошо видно на примере определения свойств неизвестного элемента  $x$  в ряду C, Si, Ti,  $x$ , Zr, Sn (см. фотокопию IV). Когда Дм. Ив. определил, исходя из рассмотрения *пустого* места в этом ряду (группе), что  $x=72$ , то он поступил точно так, как поступил бы в том случае, когда надо было определить, какая карта (какой химической «масти» — группы и «значения» — атомного веса) утерялась из полной колоды карт.

Трудности у Дм. Ив. возникали тогда, когда величина атомного веса («значение») и даже химические свойства («масть») того или иного элемента вызвали сомнение, были неясны, а потому неясно было, на какое место в таблице (в «пасьянсе») надо поместить данный элемент (т. е. куда надо положить его карточку). Преодолеть такого рода трудности можно было, конечно, не простым пробованием — не подойдет ли случайно та или иная карточка на то место, куда ее положат наугад, — но лишь путем глубокого изучения свойств соответствующего элемента и в особенности путем уточнения его атомного веса.

Так и поступал Дм. Ив. в отношении Be, In, Ca, Sr, Ba и других элементов, причем изменение их атомных весов он производил в полном соответствии с требованиями периодического закона, а вовсе не по мотивам какого-либо случайного характера.

Если же где-либо в «пасьянсе» оказывалось пустое место, то Дм. Ив. прежде всего искал, не подойдет ли к этому месту тот или иной уже известный элемент. Так он переместил  $Al=27$

в промежуток между Mg и Si после того, как между Mg и Si образовалось пустое место, тогда как Al стоял до тех пор на отлете.

Замечательно, что в случае Ве Дм. Ив. не останавливался перед тем, чтобы изменить величину его атомного веса («значение»), дабы данный элемент мог занять свободное место в таблице (в «пасьянсе») по своим аналогиям («масти») и по своему измененному атомному весу.

Все это говорит за то, что фермановское слово «пасьянс» (но, конечно, не слово «лотерея») очень хорошо передает смысл приема, который применил Дм. Ив., когда он подбирал элементы (карточки) по их химическому сходству («масти») и по близости их атомных весов.

Но если случайностей, в идеалистическом понимании этого слова, т. е. в смысле чего-то абсолютно незакономерного, не было в открытии периодического закона, то это отнюдь не означает, что вообще не было здесь никаких случайностей. Случайности и неожиданности были, и они повлияли определенным образом на ход и темпы открытия, совершенного Дм. Ив. 17 февраля 1869 г. Это обстоятельство имеет громадное значение для истории науки.

Изучать эти неожиданности, ту «неизвестность за завтра», которая была у Дм. Ив. еще 16 февраля 1869 г., накануне дня великого открытия, — прямая задача историков научного творчества Дм. Ив., его биографов.

Казалось бы, какое отношение к истории открытия периодического закона имеют личные вкусы и интересы Дм. Ив., его тяготение к вопросам сельского хозяйства? Какая связь может быть между артельным сыроварением и подчинением химических элементов периодической зависимости?

Очевидно, — только чисто внешняя, случайная.

Возможно, по этой причине до сих пор ускользал от внимания исследователей такой исключительно важный документ, как пометки Дм. Ив. на письме Ходнева. Это письмо касается сыроварен, а потому при сортировке документов оно попало в раздел переписки Дм. Ив., касающейся вопросов сельского хозяйства. Когда же случайно выяснилось, что в день открытия периодического закона Дм. Ив. собирался выехать на сыроварни, были изучены все документы Дм. Ив., относящиеся к артельному сыроварению, и среди них было обнаружено указанное письмо Ходнева, содержавшее ключ ко всему открытию.

Исходя из признания, что случайности (в их научном, материалистическом понимании) играют иногда исключительно важную роль в научном исследовании, необходимо изучать документы не в выборочном порядке, а все без исключения документы, относящиеся ко времени изучаемого события, как важ-

ные, так и, на первый взгляд, самые незначительные, какой первоначально могла показаться поверхностному исследователю записка Ходнева с запросом о сроке выезда Дм. Ив. на сыроварни.

Важность того или иного исторического документа обнаруживается лишь при его сравнительном изучении в ряду всех прочих документов, относящихся к данному событию, к данному месту, времени и обстоятельствам. Поэтому необходимо тщательно сопоставлять все документы между собой, в том числе и самые мелкие, написанные по самому, с первого взгляда, пустяковому поводу.

Так, например, само по себе, взятое изолированно, прошение Дм. Ив. об отпуске его в Тверскую и другие губернии с 17 февраля 1869 г. не представляет особого исторического интереса. Но сопоставленное с тем фактом, что именно в этот день было совершено открытие периодического закона, оно неожиданно приобретает исключительно большой интерес и дает возможность понять обстановку того дня, когда делалось это открытие.

Точно так же само по себе исправление в отпускном свидетельстве Дм. Ив. даты возвращения в Петербург с 28 февраля на 12 марта как будто мало кого может заинтересовать. Спрашивается: не все ли равно, когда поехал Дм. Ив. на сыроварни — в середине ли февраля или в начале марта? Но в свете сделанного им 17 февраля 1869 г. великого открытия исключительный интерес представляет то, каким образом и когда Дм. Ив. обобщил и разработал свое открытие дальше, воплотив его в целый ряд вариантов своей системы элементов и подытожив его в своей статье о соотношении свойств с атомным весом элементов.

Точно так же — кого может теперь заинтересовать, каковы были денежные расходы Дм. Ив. в марте 1869 г. и в какой день этого месяца он был на той или иной сыроварне Тверской губернии? Между тем изучение записных книжек Дм. Ив. помогло найти ответ на вопрос, почему Дм. Ив. не присутствовал на заседании Химического общества 6 марта, и тем самым помогло развеять неверные легенды, существовавшие на этот счет, одна из которых представляла к тому же прямой поклеп на великого ученого, сея сомнение в его научной смелости, решимости и мужестве.

Так обстоит дело с первым вопросом, остававшимся до последнего времени не вполне еще решенным.

## 2. О роли фантазии в научном открытии

Известны различного рода высказывания о якобы определяющей роли фантазии в научном творчестве, в которых сама фантазия понимается в идеалистическом смысле. Отвергая не-



верное, идеалистическое толкование данного вопроса, уместно в то же время выяснить: играет ли фантазия вообще какую-нибудь положительную роль в научных открытиях и если да, то какую именно роль она сыграла в открытии Дм. Ив. периодического закона 17 февраля 1869 г.?

Как психологический фактор, фантазия есть нечто родственное, близкое воображению. С логической же стороны она (мы подразумеваем *научную* фантазию) близка к догадке, к гипотезе. В том и другом смысле фантазия играет весьма существенную роль во всяком научном открытии и вообще в любом научном творчестве, особенно когда речь идет о создании общей теории, о выдвижении широкой гипотезы, о выработке научной системы знаний или об открытии нового фундаментального закона природы.

Идеалистическая философия, в частности ее интуитивистское направление, преувеличивает роль фантазии, непомерно раздувает ее и отрывает ее от реальной материальной основы. Напротив, вульгарный материализм, сводя сознание к материи, вообще отбрасывает фантазию, как нечто лишнее объективного, научного значения.

Под влиянием упрощенческого подхода к данному вопросу в философской литературе, выходявшей в нашей стране, не было уделено сколько-нибудь заметного внимания выяснению роли фантазии в научном творчестве, вследствие чего вся эта проблема оказалась фактически отдана на откуп идеализму. Между тем надо ясно отдавать себе отчет в том, что материализм, как *философское* учение, не может и не имеет права обходить вопросы, касающиеся научного творчества, в том числе и роли фантазии в мышлении человека, в частности ее роли в научных открытиях. В противном случае материализм, как философское учение, окажется в этой области безоружным перед лицом своего философского противника, специализирующегося как раз на такого рода вопросах.

Прежде чем перейти к анализу открытия периодического закона с целью выяснить, какое место занимал в этом открытии элемент фантазии, рассмотрим общую постановку данного вопроса в трудах классиков марксизма-ленинизма.

В. И. Ленин придавал очень большое значение фантазии не только в научном мышлении, но и в практической деятельности человека. Он указывал на то, что способный и обладающий большой фантазией человек может принести много пользы нашей стране. В. И. Ленин говорил:

«Эта способность чрезвычайно ценна. Напрасно думают, что она нужна только поэту. Это глупый предрассудок! Даже в математике она нужна, даже открытие дифференциального и



интегрального исчисления невозможно было бы без фантазии. Фантазия есть качество величайшей ценности...»<sup>1</sup>

Почему же это качество, или эта способность, играет такую большую роль именно при научном открытии, например при нахождении нового закона природы? Да потому, что такое открытие предполагает теоретическое обобщение, будь то создание новой естественной системы, выдвижение новой широкой гипотезы или открытие нового закона природы. А всякое обобщение всегда содержит в себе элемент фантазии, который может и даже должен вырастать до весьма заметных размеров, когда речь заходит об открытии чего-то совершенно нового, неожиданного, ранее неизвестного и даже непредугаданного.

Конспектируя книгу Аристотеля «Метафизика», В. И. Ленин вскрыл эту гносеологическую связь между фантазией и процессом образования абстракций и обобщений. Вместе с тем он вскрыл один из познавательных источников идеализма, что является исключительно важным при критике философских установок интуитивизма и аналогичных ему идеалистических течений. В. И. Ленин писал:

«Подход ума (человека) к отдельной вещи, снятие слепка (=понятия) с нее *н е е с т ь* простой, непосредственный, зеркально-мертвый акт, а сложный, раздвоенный, зигзагообразный, *включающий в себя* возможность отлета фантазии от жизни; мало того: возможность *превращения* (и притом незаметного, несознаваемого человеком превращения) абстрактного понятия, идеи в *фантазию* (в последнем счете=бога). Ибо и в самом простом обобщении, в элементарнейшей общей идее («стол» вообще) *е с т ь* известный кусочек *фантазии*. (Vice versa \*: нелепо отрицать роль фантазии и в самой строгой науке: ср. Писарев о мечте полезной, как толчке к работе, и о мечтательности пустой)»<sup>2</sup>.

Это положение позволяет с новой и весьма существенной стороны взглянуть на работу творческой мысли Дм. Ив. в момент открытия периодического закона. В самом деле: уже с первых шагов этого открытия и даже еще до 17 февраля 1869 г. Дм. Ив. было ясно, что речь идет о каком-то большом обобщении, о сведении всех химических элементов в одну общую систему. Самая мысль о необходимости такой системы, без которой, по его мнению, было невозможно преподавание общей химии в Петербургском университете, не была у Дм. Ив. пустой мечтательностью, а именно толчком к практической подготовке по

<sup>1</sup> В. И. Ленин, Соч., т. 33, стр. 284.

<sup>2</sup> Наоборот (лат.). — Б. К.

<sup>3</sup> В. И. Ленин, Философские тетради, 1947, стр. 308.

пути к нахождению системы, а затем — и к прямым ее поискам, развернувшимся 17 февраля 1869 г.

При этом с первых же выкладок, сделанных на письме Ходнева, ясно выступает стремление Дм. Ив. к обобщению, к сближению групп элементов, ранее разрывавшихся между собой и тем мешавших их объединению в одно синтетическое целое.

О том же, какую роль при этом играла в научном творчестве Дм. Ив. фантазия, будет сказано ниже.

О мыслях Д. И. Писарева по поводу роли мечты, или фантазии, в творческой деятельности человека В. И. Ленин говорил в своей работе «Что делать?» В связи с этим Ленин привел выдержку из писаревской статьи «Прوماхи незрелой мысли». Ввиду ее особого интереса для разбора данного вопроса мы воспроизводим эту выдержку полностью.

«Разлад разладу рознь, — писал по поводу вопроса о разладе между мечтой и действительностью Писарев. — Моя мечта может обгонять естественный ход событий или же она может хватать совершенно в сторону, туда, куда никакой естественный ход событий никогда не может придти. В первом случае мечта не приносит никакого вреда; она может даже поддерживать и усиливать энергию трудящегося человека... В подобных мечтах нет ничего такого, что извращало или парализовало бы рабочую силу. Даже совсем напротив. Если бы человек был совершенно лишен способности мечтать таким образом, если бы он не мог изредка забегать вперед и созерцать воображением своим в цельной и законченной картине то самое творение, которое только что начинает складываться под его руками, — тогда я решительно не могу представить, какая побудительная причина заставляла бы человека предпринимать и доводить до конца обширные и утомительные работы в области искусства, науки и практической жизни... Разлад между мечтой и действительностью не приносит никакого вреда, если только мечтающая личность серьезно верит в свою мечту, внимательно вглядываясь в жизнь, сравнивает свои наблюдения с своими воздушными замками и вообще добросовестно работает над осуществлением своей фантазии. Когда есть какое-нибудь соприкосновение между мечтой и жизнью, тогда все обстоит благополучно»<sup>1</sup>.

Хотя Писарев умер за полгода до открытия Дм. Ив. периодического закона (он утонул 4 июля 1868 г.), тем не менее кажется, читая его строки, что он описывает, в частности, и то, как совершилось это самое открытие. Настолько глубоко и верно подмечены и обобщены были Писаревым особенности элемента

<sup>1</sup> См. В. И. Ленин, Соч., т. 5, стр. 476 (см. также Д. И. Писарев, Избранные сочинения, т. II, 1935, стр. 124—125).

фантазии (мечты) в творческой, созидательной деятельности человека.

Особенно верно и метко указание на то, что всякое творчество предполагает умение, хотя бы изредка, «забегать вперед и созерцать воображением своим в цельной и законченной картине то самое творение, которое только что начинает складываться» (под руками данного человека). Не это ли обстоятельство помогло увидеть Дм. Ив. во сне, на заключительном этапе своей творческой работы, итог своего открытия в его, так сказать, «беловом» виде?

Но в еще большей степени это относится к более ранним этапам открытия периодического закона, начиная с самого первого его этапа, представленного записями Дм. Ив., сделанными на письме Ходнева. В самом деле: начиная сопоставлять сначала отдельные группы элементов одну с другой, Дм. Ив. уже должен был держать в своем воображении общую картину того, к чему он стремился: стройное и закономерное расположение *всех* групп в общей системе элементов, а не только тех двух групп, с которых он начал свое исследование. Ведь ему предстояло изложить в «Основах химии» не две группы элементов, а все их группы, и сама эта идея как раз и нашла свое отражение в сопоставлявшихся еще ранее планах книги, особенно ее 2-й части.

Начиная сопоставление двух групп по признаку близости атомных весов их членов, Дм. Ив. должен был нарисовать в своем воображении общую, пусть еще неясную в деталях, картину системы элементов. То, что такая картина у него действительно сложилась в качестве общего замысла начатой с утра 17 февраля 1869 г. работы, свидетельствуют обе неполные таблички, составленные непосредственно после записей на письме Ходнева.

Если бы вопрос об *общей системе* элементов не встал бы с самого начала перед Дм. Ив., вряд ли можно было ожидать, что уже после первого весьма еще смутного наброска, сделанного на письме Ходнева, идея общей системы элементов примет такую ясно выраженную, конкретную форму, какую она приобрела в обеих названных неполных табличках, особенно в нижней. Глядя на обе эти таблички, мы не можем не признать, что они производят впечатление не внезапно родившегося обобщения, а именно реализации чего-то заранее намеченного, предугадывавшегося по крайней мере в виде общего плана или замысла.

Совершенно исключительную роль должна была сыграть фантазия у Дм. Ив. на решающем этапе открытия периодического закона, когда Дм. Ив. прибег к карточкам и раскладыванию «химического пасьянса». На эту мысль навела его, несомненно, фантазия, опиравшаяся в данном случае на аналогию между

раскладыванием пасьянса с помощью обычных игральных карт и той задачей составления таблицы элементов, которая встала перед ним в данный момент.

Действительно: что представляет собой обычный пасьянс? При случайном перетасовывании карты ложатся каким-то случайным образом одна рядом с другой. Однако человек, раскладывающий пасьянс, в своей голове имеет уже заранее тот план, по которому надо *правильно* расположить все карты, сообразуясь с двумя их признаками: их *мастью* (бубны, черви и т. д.) и их *значением* (двойка, тройка и т. д.). Закономерный порядок в расположении карт дан заранее; играющий же должен путем перекалывания карт, которые случайно легли не там, где это требуется заданным планом, добиться того, чтобы все карты стали на свои места и расположились «как нужно».

Сразу же бросается замечательная аналогия всей этой *игры* с конкретной задачей составления общей таблицы элементов в том виде, как эта задача вполне определенно встала перед Дм. Ив. утром и днем 17 февраля 1869 г. Ведь с элементами дело обстояло примерно так же, как и с картами при раскладывании пасьянса.

В качестве исходных данных имелись группы элементов, соответствующие соединению карт каждой масти в общий ряд от двойки до туза. Известны были «значения» почти у всех элементов (отдельных «карт»): этими значениями служили их атомные веса. Но не было известно, во-первых, как соотносятся между собой сами группы элементов, а, во-вторых, у ряда элементов («карт») не были ясны ни их «значение», ни их «масть» (т. е. их принадлежность к определенной группе элементов).

В этих условиях хаотическое расположение элементов, каким оно было в учебных пособиях того времени, напоминало случайное, хаотическое расположение карт после их перетасовки. Задача же, вставшая перед Дм. Ив. после первых же выкладок на письме Ходнева и особенно после составления обеих неполных табличек, по внешности была чрезвычайно сходной с задачей пасьянса: предшественники Дм. Ив. расположили члены каждой естественной группы элементов по возрастанию их атомных или эквивалентных весов (т. е. составили отдельные ряды карт для каждой масти в отдельности, расположив карты по их «значению» внутри ряда); после этого Дм. Ив. предстояло подобрать группы элементов по величине их атомных весов (т. е. подобрать карты разной масти по их «значению»)<sup>1</sup>.

При наличии столь далеко идущей аналогии фантазия по ассоциации должна была подсказать Дм. Ив. и подсказала на

<sup>1</sup> Это обстоятельство хорошо показано на стр. 172—173 брошюры Б. Степанова (см. [доп. 48]).

деле мысль — прибегнуть к карточкам для элементов и к раскладыванию их в «пасьянс». В итоге быстро и удачно были преодолены возникшие было препятствия на пути к доведению столь успешно начатого открытия до конца.

Если В. И. Ленин говорил, что без фантазии не могло быть открыто дифференциальное и интегральное исчисления, то с не меньшим правом мы можем утверждать, что без фантазии Дм. Ив. не мог бы открыть периодического закона и составить свою естественную систему элементов.

Может возникнуть вопрос: если при открытии периодического закона фантазия натолкнула творческую мысль Дм. Ив. на аналогию с пасьянсом из обычных игральные карт, то не служит ли это доказательством полной произвольности самого творческого акта, его независимости от внешних условий, в том числе и от самой природы, от химического вещества? Ведь карты — это нечто выдуманное самим человеком, нечто искусственное, фантастическое, условное. Поэтому всякая аналогия с ними неизбежно, казалось бы, должна придать элемент произвольности, условности всему, что с ними связывается.

Но так ли это на деле? Прежде всего отметим, что правила карточных игр, в том числе и правила пасьянса, столь же произвольны, фантастичны, как и правила всех других игр, придуманных человеком, а потому они столь же далеки от тех законов, которые существуют в самом объективном мире, вне и независимо от человеческого сознания и создаваемых им игр. Вот почему В. И. Ленин категорически отвергал, как явную фальшь, всякую попытку «стирания грани между теорией науки, приблизительно *отражающей объект*, т. е. приближающейся к объективной истине, и теорией произвольной, фантастической, чисто условной, например, теорией религии или теорией шахматной игры»<sup>1</sup>.

Однако в нашем случае речь идет не о том, чтобы идею о периодическом законе выводить из правил карточной игры, смешивая тем самым объективную закономерность с правилами, созданными самими людьми, а о том, чтобы выяснить, в какой форме фантазия *помогла* Дм. Ив. найти нужный прием для преодоления трудностей, возникших на пути его творчества. Фантастичность правил придуманной человеком игры как раз и способствовала тому, чтобы фантазия, помогающая в данном случае творческому акту, могла принять конкретную форму, вылиться в определенную идею, показав, как можно здесь использовать уже давно известные приемы этой игры.

Сам Дм. Ив. — и тогда и позднее — видел ясно принципиальное различие между объективными закономерностями природы

<sup>1</sup> В. И. Ленин, Соч., т. 14, стр. 297.

и правилами, которые придуманы людьми и носят поэтому субъективный характер. Он никогда не стирал грани между теми и другими, будучи сознательным материалистом. В «Основах химии» он писал, излагая свой взгляд на периодический закон:

«Законы природы исключений не терпят и этим явно отличаются от правил и правильностей, подобных, напр., грамматическим и др. людским изобретениям, приемам и отношениям» [1, 617].

Чем же в таком случае объяснить, что аналогия между карточным пасьянсом и системой элементов, т. е. между чем-то произвольным, искусственным, с одной стороны, и отображением объективной закономерности природы, с другой, помогла Дм. Ив. сделать данное открытие?

Объясняется это тем, что и придуманные человеком игры и выдуманная им религия в какой-то форме — сугубо фантастической и нередко извращенной — все же содержат в себе известное отражение объективной действительности. Если бы, например, у Дм. Ив. речь шла об открытии закона сложных, взаимопереплетающихся процессов, действующих различным, иногда прямо противоположным, образом, как это имеет место, например, в качественном химическом анализе, особенно при анализе кислот, то, возможно, тут более помогла бы аналогия с шахматами, где создаются сходные в познавательном отношении ситуации.

Но в данном случае речь шла о систематизации элементов по двум их признакам — *качественному* (*химизм*, выраженный в разбивке элементов по группам) и *количественному* (*масса*, выраженная в их атомном весе). Игральные карты как раз и представляют своего рода идеальную схему такого рода случаев, давая ее в самом общем виде. Будучи фантастическим отображением некоторых общих отношений между реальными вещами природы, игральные карты дают возможность методом аналогии иллюстрировать все системы табличного расположения предметов, подлежащих классификации, когда имеются налицо *два* признака, по которым следует одновременно располагать эти предметы в определенном порядке. В итоге получается во всех таких случаях табличная форма изображения системы, когда по горизонтали (в строку) предметы располагаются по одному из двух признаков, а по вертикали (в столбец) — по другому признаку.

Так примерно классифицировались органические соединения в середине XIX века, т. е. незадолго до 1869 г. Эти соединения располагались по «масти» (т. е. по химической функции) в генетические ряды (углеводороды, спирты, кислоты и т. д.) и по «значению» (т. е. по числу групп  $\text{CH}_2$  в радикале) в гомоло-



гические ряды. В результате получалась полная аналогия с расположением игральных карт.

Историк химии Э. Гельт приводит следующее пояснение, данное Жераром своей классификации органических соединений. В своем «Руководстве по органической химии» Жерар писал:

«Разложите на столе колоду карт так, чтобы первый вертикальный ряд состоял из всех карт одной масти, а параллельные второй и т. д. вертикальные ряды из таких же карт, но другой масти. Карты одной масти, но разного достоинства, уложенные в вертикальной колонне, образуют ряд неодинаковых тел (гетерологические ряды); карты разной масти, но одинакового достоинства, находящиеся в одной горизонтальной линии, образуют ряд подобных тел, но принадлежащих к различным родам (гомологичные ряды). Этот простой пример является картиной химической классификации. Если какая-либо карта отсутствует в колоде, то ее место все же вполне определенно указано, и всякий, даже не видя этой карты, может себе отчетливо представить ее. То же самое имеет место в органической химии»<sup>1</sup>.

Хотя это пояснение несколько отличается от того, что было сказано выше, однако принцип и тут и там один и тот же.

Заметим, что, будучи убежденным сторонником идей Жерара, Дм. Ив. вполне мог еще задолго до 17 февраля 1869 г. познакомиться с проведенной Жераром аналогией между химической классификацией и разложенными в пасьянсном порядке игральными картами. Возможно даже, что идея «карточек» для элементов возникла у Дм. Ив. под влиянием того, что он вычитал у Жерара [доп. 71].

Таким образом, фантастичность правил, установленных для игральных карт, вполне гармонировала *по форме* с тем, что искала фантазия Дм. Ив. в момент научного творчества; а то обстоятельство, что в этих правилах условно отразились некоторые отношения реальных вещей, соответствующие как раз тем, которые подлежали открытию, помогло и *по содержанию* поискам неизвестной еще закономерности природы.

Короче говоря, фантазия, о которой идет здесь речь, — это не бесплодная мечта, далекая от действительности и «хватающая в сторону», а фантастическое отражение самой этой действительности в голове человека, помогающее ему найти подлинный слепок с нее и отразить ее в научном понятии в системе или в теории.

Излагая материалистические взгляды Фейербаха по вопросу об отражении природы в сознании человека, В. И. Ленин при-

<sup>1</sup> См Э. Гельт, История органической химии с древнейших времен до настоящего времени, Харьков — Киев 1937, стр. 102—103.



водит следующее высказывание немецкого философа: «Конечно, произведения фантазии тоже — произведения природы, ибо и сила фантазии, подобно всем остальным силам человека, есть в последнем счете (*zuletzt*), по своей основе, по своему происхождению сила природы, но тем не менее человек... отличается от природы и, следовательно, природа в голове и в сердце человека отличается от природы вне человеческой головы и вне человеческого сердца»<sup>1</sup>.

Таков материалистический взгляд на роль фантазии в творческой деятельности людей, подтвержденный анализом процесса открытия Дм. Ив. периодического закона.

Сам Дм. Ив. высоко оценивал роль фантазии в научном творчестве, видя в этом общность между искусством и точными науками. Он говорил, по свидетельству своей племянницы (Капустиной-Губкиной):

«Между занятиями искусствами и наукой существует большая связь. Более связи между искусствами и естественно-математическими науками, чем между последними и филологическими, но не от силы творческой, а *почему?* Вероятно, *по фантазии*, одинаково природа влечет к себе» [18, 208]

Эту же мысль Дм. Ив. высказал в своей заметке «Перед картиною А. И. Куинджи»:

«Пред «Днепровской ночью» А. И. Куинджи, как я думаю, забудется мечтатель, у художника невольно явится своя новая мысль об искусстве, поэт заговорит стихами, в мыслителе же родятся новые понятия — всякому она даст свое» [5а, 247].

Следовательно, согласно Дм. Ив., фантазия, рожденная в области изобразительного искусства, может непосредственно послужить стимулом для рождения новых научных представлений в голове ученого. Говоря иначе, здесь фантазия, как фактор творчества, сопоставляется с ассоциирующей деятельностью нашего ума. То, что создано или создастся в одной области интеллектуальной деятельности человека, по ассоциации может вызывать нечто сходное, хотя отнюдь не тождественное, в совершенно иной, на первый взгляд, области и привести там к большим достижениям, причем весьма неожиданным и причудливым образом. Это-то обстоятельство используют идеалисты интуитивистского толка в качестве «доказательства» господства в творческой деятельности подсознательного, случайного, алогичного, чисто интуитивного. В действительности же здесь выступает в качестве существенного психологического фактора ассоциирование различных фактов, явлений в сочетании с работой фантазии.

<sup>1</sup> Цитировано по книге В. И. Лемина «Материализм и эмпириокритицизм, Соч., т. 14, стр. 106, 107.

### 3. О соотношении национального и общечеловеческого, личного и общественного в научном творчестве

Только что рассмотренные вопросы неразрывно связаны с другим вопросом, который также касается путей и особенностей научного творчества. В истории науки и техники, в истории литературы и искусства, как и вообще в истории всей человеческой культуры, этот вопрос занимает большое место: он касается оценки роли и значения национальных черт того народа, представителем которого является данный ученый или изобретатель, писатель или художник. Оставляя в стороне область художественного и технического творчества, остановимся только на естествознании.

Среди буржуазных историков науки, особенно среди тех, кто заражен духом национализма и шовинизма, распространено глубоко неверное утверждение, будто лишь определенные, якобы «избранные» народы имеют склонность к научному творчеству и что будто бы по этой-то причине у них появились раньше, чем у других народов, естественные науки. Разумеется, ничего, кроме идеализма и расизма, в таких утверждениях не содержится.

Подобные мысли распространялись и в царской России теми, кто не верил в творческие способности великого русского народа, кто занимался низкопоклонством перед Западом, кто полагал, будто русский народ по самой своей природе не способен создавать научные ценности, подобные тем, какие были созданы великими умами народов Западной Европы.

С такой точки зрения открытие периодического закона, сделанное исконно русским человеком, должно было казаться непонятным, ничем не объяснимым, почти мистическим.

По этому поводу имеется исключительно интересное высказывание С. А. Щукарева, который в настоящее время занимает ту же кафедру общей и неорганической химии в Ленинградском, бывшем Петербургском, университете, которую в свое время занимал Дм. Ив. В статье «Периодическая система Д. И. Менделеева как основа современной химии» С. А. Щукарев изложил историю создания этой системы и ее значение для современного учения о веществе. Заканчивая статью, автор поставил как раз тот вопрос, который мы разбираем в данном разделе:

«Один из питомцев Петербургского университета, И. С. Тургенев, в 1853 г. писал к К. С. Аксакову: „Всякая система — в хорошем или дурном смысле этого слова — не русская вещь“. Под старость по поводу теории славянофилов он же повторял: „Систематичность чужда русскому человеку“.

Трудно сказать, — замечает по этому поводу С. А. Щукарев, — что побудило великого писателя с такой категорично-

стью высказаться в пользу отрицания способности русского человека к систематичности... Ясно одно, что Д. И. Менделеев своим примером опроверг тезис западника И. С. Тургенева и показал, с каким размахом и силой способен русский человек не только собрать и систематизировать факты, но и создать, или вернее, открыть Систему, составившую новую основу не только химии, но, в значительной мере, и всего современного естествознания, „новую область человеческого мышления“» [16, 25—26].

С. А. Щукарев абсолютно прав. Произвольное, ничем не оправданное отрицание у русского народа (как и вообще у любого народа) способности к систематизации, к теоретическому обобщению и синтезу есть не что иное, как дискриминация нашего народа, ничем не обоснованная, противоречащая всем историческим фактам. Чтобы опровергнуть такого рода поклеп на русский народ, достаточно назвать, кроме Дм. Ив., других великих русских естествоиспытателей; таковы:

химик и физик М. В. Ломоносов, разработавший цельную атомистическую и вместе с тем кинетическую концепцию явлений природы;

математик Н. И. Лобачевский, создавший так называемую неевклидову геометрию;

химик А. М. Бутлеров, выдвинувший теорию «химического строения», синтетически охватившую всю органическую химию;

физиолог И. М. Сеченов, основавший замечательное учение о рефлексах головного мозга, дающее систематическое объяснение с позиций материализма громадной области физиологических и психических явлений.

Мы уже не говорим о таких представителях передовой теоретической мысли в России середины и второй половины XIX века, как А. И. Герцен, В. Г. Белинский, Н. А. Добролюбов, Н. Г. Чернышевский.

Все они были современниками или предшественниками И. С. Тургенева. И все они своими выдающимися достижениями в области философии и естествознания неоспоримо доказали, что русский народ, как и любой другой народ, способен к научному творчеству, синтетическому сближению и систематизации знаний, к тому, чтобы теоретически охватывать и подытоживать в научных учениях и системах накопленный эмпирический материал.

Анализируя творческий процесс, совершившийся в сознании Дм. Ив. в течение одного только дня 17 февраля 1869 г., мы убеждаемся, насколько сильно была развита у Дм. Ив. способность к систематизации фактов, к их теоретическому обобщению, к выработке подлинно естественной системы элементов, существенно отличной от многочисленных искусственных систем,

не отвечавших задаче синтетического охвата всех химических элементов в одно стройное целое.

Об этом свидетельствует не только общий итог проведенного им исследования, но и буквально каждый шаг в ходе его развертывания, от первых записей, сделанных на письме Ходяева, до заключительного оформления полученного результата в виде «Опыта системы элементов».

В не меньшей степени об этом же свидетельствует и вся последующая работа Дм. Ив. над своим открытием, вплоть до подготовки последнего прижизненного издания «Основ химии», вышедшего в свет в 1906 г.

Анализируя общие черты научного творчества Дм. Ив., мы можем сказать, что эти черты свойственны не только ему, но вообще всем передовым ученым-новаторам, которые совершают своими научными открытиями перевороты в науке [доп. 72].

Отмечая такого рода черты в научном творчестве у Дм. Ив., равно как у любого другого великого ученого, зададимся вопросом: какую роль здесь играет национальная принадлежность ученого? Если придерживаться той точки зрения, которую выразил Тургенев, следовало бы признать, что для русского ученого создание любой системы должно быть затруднено, так как это — «не русская вещь». Соответственно, создание ее западным мыслителем облегчается, как создание чего-то родственного его духу.

Однако история создания менделеевской системы показывает со всей наглядностью, что русскому ученому удалось несравненно быстрее, а главное, глубже и полнее разработать общую систему элементов, нежели это сумели сделать его современники из числа западноевропейских химиков. Теоретический синтез огромного множества фактических данных, проведенный русским ученым столь блистательно и в столь короткий срок, свидетельствует о полной несостоятельности утверждений, будто создание любых систем чуждо духу русского народа.

Свою способность к выработке системы элементов Дм. Ив. проявил, будучи кровью от крови и плотью от плоти сыном русского народа, и никаких затруднений не возникало у него в связи с этим ни в ходе открытия периодического закона, ни в ходе дальнейшей его разработки.

Напротив: сознание того, что такого рода открытие, сделанное русским ученым, возвеличивает тот народ, представителем которого является сам ученый, вселяло в Дм. Ив. законную гордость и воодушевляло его на новые творческие подвиги.

Та самая статья, которая под заглавием «Как я нашел периодическую систему элементов» была напечатана во французском журнале, заканчивалась следующими поистине знаменательными словами: периодический закон «очень нов и глубоко

проникает в природу химических явлений, и я, как русский, горжусь тем, что участвовал в его установлении» [2, 433].

В связи со своим «Фрагментальным чтением» на тему «Периодическая законность химических элементов» Дм. Ив. писал о том внимании и почете, которые выпали на его долю: «Внимание и почет этот — чрезмерны. Не собственное, а русское имя и время — важны здесь» [1а, 14].

Но если патриотические чувства и оказывали стимулирующее влияние на научное творчество Дм. Ив., то все же их влияние оставалось внешним источником для самого процесса творчества, но не касалось его внутренней специфики, его конкретного содержания. Такие чувства в равной степени могли возникнуть не только у химика, но и у биолога и математика и не только у естествоиспытателя, но у изобретателя, у поэта, у художника. У всех вообще передовых деятелей России, к числу которых принадлежал и Дм. Ив., как правило, отмечалось высокоразвитое чувство любви к родине, и это не было связано специально с тем, что совершалось в голове Дм. Ив. в день 17 февраля 1869 г.

Однако, доказав, что способность к научным, синтетическим обобщениям и систематизации не есть нечто чуждое психическому складу русского человека, мы не должны впасть и в другую крайность, не должны видеть в этой способности какую-то отличительную национальную черту, присущую именно русской нации и только ей. Такая крайность была бы столь же далекой от истины и столь же пронизанной духом национализма, как и предыдущее отрицание этой способности у русских людей.

Между тем в нашей литературе было высказано мнение, будто решение больших проблем, основывающихся на синтезе знаний в разных отраслях науки, является именно отличительной чертой выдающихся русских ученых, равно как и самое стремление к синтезу, сочетающееся с широким философским обобщением. При этом имеются в виду, поскольку речь идет о химии, открытия таких русских химиков, как Ломоносов, Бутлеров, Менделеев.

На такой почве сложилась своеобразная «концепция», трактуемая склонность к широким теоретическим обобщениям синтетического характера как национальную особенность русских ученых в отличие от зарубежных ученых; следовательно, подразумевается, что для ученых других стран такая склонность не характерна или даже отсутствует у них вовсе. Совершенно ясно, что такого рода «концепция» чужда принципам интернационализма и равноправия всех народов в области научного творчества [доп. 73].

Но не только к этому сводится несостоятельность и глубокая ошибочность данной «концепции». В ответе на вопрос: почему русские естествоиспытатели, в том числе и химики, дали так

много крупных научных обобщений и открытий синтетического характера во второй половине и особенно в 60-х годах XIX века, ее сторонники по существу становятся неизбежно на идеалистические позиции: они объясняют этот исторический факт, исходя не из материальных, объективных причин, не из условий общественного развития и его отражения в духовной жизни тогдашнего русского общества, а исходя из сферы чисто психической, совершенно оторванной, с точки зрения данной «концепции», от ее действительной, материальной основы.

Искать объяснения причин и характера научных открытий в национальных особенностях и психическом складе представителей того или иного народа, той или иной нации — значит становиться на явно неверный путь; спрашивается в таком случае: почему за 100 или за 200 лет до этого, когда в странах Западной Европы осуществлялось стремление к синтезу с широким философским обобщением, в России это стремление еще не проявлялось или же проявлялось редко, а проявилось в полной мере лишь в XIX в.?

Если бы указанная «концепция» была верна, то отмеченная ею национальная черта русских ученых должна была проявляться всегда, а не только в определенный исторический момент.

Каждый исторический факт требует своего конкретного научного объяснения. Разумеется, были совершенно определенные причины того, почему, например, в России 60-х годов XIX века в целом ряде отраслей естествознания сразу были совершены выдающиеся открытия, положившие начало грандиозному теоретическому синтезу во всех этих областях.

Каковы были эти причины?

Бурное развитие естествознания в России того времени было обусловлено тем, как об этом подробнее говорится ниже, что в России совершался тогда подъем революционно-освободительного движения, с которым были связаны прямо или косвенно многие русские передовые естествоиспытатели того времени, причем этот подъем происходил на фоне быстрого общего экономического развития пореформенной России. События экономической (материальной) жизни русского общества и его социально-политической жизни оказывали прямое воздействие и на духовные интересы и устремления передовых русских людей того времени.

Все это сказалось и на воззрениях Дм. Ив., и на его научном творчестве. В юные годы Дм. Ив. тесно соприкасался с людьми, близкими к Герцену, учился вместе с Добролюбовым, испытал на себе влияние идей Герцена. Позднее он особенно активно стал участвовать в мероприятиях, содействовавших делу промышленного и вообще экономического развития своей страны, которое шло по пути капитализма. С этим было связано



увлечение Дм. Ив. артельными формами ведения сельского хозяйства, в частности сыроваренного дела, что так необычно оказалось переплетено с историей открытия периодического закона.

Особенно важное значение для бурного развития естествознания в России в 60-х годах XIX века, в качестве его общего условия, имело то обстоятельство, что как раз накануне этой знаменательной эпохи были совершены «три великих открытия» (по выражению Энгельса), способствовавшие выработке синтетического — диалектического и материалистического — взгляда на природу. Последнее из этих открытий — эволюционное учение Дарвина — было опубликовано в 1859 г., т. е. непосредственно накануне 60-х годов XIX века.

Эволюционные идеи Дарвина и особенно закон сохранения и превращения энергии, открытый в 1842—1845 гг., послужили общей предпосылкой для дальнейшего теоретического синтеза в области других отделов естествознания, в том числе и химии. Позднее, в 1886 г., по этому поводу Дм. Ив. писал: «...в периодическом законе должно видеть прежде всего применение закона единства сил природы» [2, 311].

Таким образом, то, что выдается за отличительную черту корифеев нашей науки и прежде всего Дм. Ив., явилось прямым развитием того, что было создано накануне 60-х годов XIX века передовыми учеными других стран. Без решения больших проблем, опиравшихся на синтез знаний, которое было проведено корифеями науки в Англии, Франции, Германии, Италии и многих других странах, наши отечественные ученые вряд ли смогли бы столь успешно находить решение дальнейших проблем, основанное на таком же синтезе знаний.

Это важное обстоятельство совершенно упускает из виду указанная «концепция», впадающая в непростительную односторонность при характеристике научного творчества русских химиков, в том числе и в первую очередь Дм. Ив.

Вместе с тем более позднее по сравнению с Западной Европой развитие естествознания в России имело и свои преимущества, обусловленные его сравнительной молодостью, которые со всей силой сказались именно в эпоху 60-х годов XIX века. Если на Западе к этому времени за четыре века существования систематической науки о природе успела сложиться и прочно войти в головы естествоиспытателей традиция метафизического мышления, то такие традиции не успели еще образоваться у молодой русской науки.

С другой стороны, в силу тех же исторических условий общественного развития у передовых русских ученых того времени уже сформировалась «солидная материалистическая традиция», берущая свое начало от Ломоносова.



Между тем в капиталистических странах Запада, где капитализм победил задолго до этого, традиционными становились остатки старых, идеалистических и метафизических систем, таких, например, как односторонний эмпиризм и индуктивизм в Англии.

Все это целиком зависело от тех исторических условий, в которых оказались различные страны к исходу второй трети XIX века.

Таким образом, отличительные черты воззрений передовых представителей русской науки и их творчества коренились прежде всего в материальных условиях развития тогдашнего русского общества и в характере того фундамента внутри самого естествознания, на который опирались ученые нашей страны. Между тем указанная «концепция» дает совершенно иное, глубоко ошибочное объяснение отмеченному явлению: она видит источник и причину склонности русских ученых к синтезу, т. е. к широким научным обобщениям, в их чисто духовном, психическом складе, в том, что они являются русскими по своей национальной принадлежности.

Таким образом, вопрос о том, как развивается научное творчество отдельных выдающихся ученых, неразрывно связан с учетом того влияния, которое оказывают на него общественная жизнь, среда, окружающая ученого, запросы практики, техники, производства, равно как и запросы идеологической борьбы, которую ведут различные классы в современном ему обществе.

Особенности научного творчества нельзя рассматривать вне исторических условий, в отрыве от этих условий. Такое рассмотрение оказывается с методологической, принципиальной точки зрения вдвойне неправильным: метафизическим и идеалистическим.

Как же следует ставить такого рода вопросы? Очевидно, что талант и гениальность являются чем-то индивидуальным, прирожденным данному человеку. Человек рождается наделенным определенными способностями. То, что он родился в такое-то время, в такой-то стране, в таком-то месте и такой-то семье, есть простая случайность с точки зрения всего общественного развития. Но, родившись, будущий гений оказывается в определенной исторической обстановке. Последняя как раз и является определяющим фактором для развертывания и совершенствования заложенных в нем от природы способностей.

Развитие гениальности, одаренности происходит не случайно, а строго закономерно: человек, одаренный определенными способностями, развивает их, отвечая на определенные запросы эпохи, т. е. на такие запросы, которые поставлены на очередь дня экономическим, общественно-политическим или духовным

развитием данной страны или же вообще развитием данной отрасли человеческой деятельности, например науки, в передовых странах мира.

Собственно говоря, великий ученый проявляет свою гениальность, удовлетворяя назревшей потребности общества. Стремление к поискам истины, к поискам неизвестного, к синтезу знаний и т. д. — все это развивается у людей под воздействием на их сознание, на их психику всей совокупности общественно-исторических условий их жизни и деятельности. Чем большими способностями, чем большей гениальностью обладает данный человек, тем с большей отчетливостью и дальновидностью улавливает он назревшую потребность общественного развития.

Однако для этого нужно нечто, присущее от рождения в виде способности. Если у человека нет музыкального слуха, нет музыкального дарования, никакие исторические условия не сделают из него композитора. Если у него нет голоса, он никогда не сделается хорошим певцом. Но в равной степени верно и обратное положение: если нет соответствующих исторических условий, то человек, даже с очень большими дарованиями, может не суметь их реализовать, вынужден бывает «зарывать их в землю».

К числу исторических условий, хотя и не решающих, когда речь идет о научном творчестве, относятся и те, в которых отражаются особенности идейного развития данной страны, сложившиеся в ней научные, теоретические и философские традиции, под знаком которых идет духовное формирование и развитие будущего ученого. Эти особенности и традиции могут сыграть и обычно играют на деле большую роль в истории творчества каждого ученого, налагая на него известный и часто весьма своеобразный отпечаток.

Разумеется, что этот отпечаток не меняет существа дела: содержание закона всемирного тяготения или закона сохранения и превращения энергии, или же периодического закона, а равно как и содержание всех вообще законов природы, не носит на себе отпечатка того, в какой стране и каким ученым они были найдены; все эти законы открываются совершенно независимо от национальной принадлежности самих ученых.

Но по части формы, в какой сделано данное открытие, т. е. по тому конкретному, столь всегда оригинальному, неповторимому пути, каким ученый приходит к открытию именно данного закона, равно как и по способу выражения найденной истины, по способу ее обоснования и защиты, мы находим много различного и своеобразного в трудах ученых разных стран. Именно здесь и обнаруживается то, что можно было бы назвать национальным моментом в развитии научного творчества.

Следовательно, дело вовсе не в том, что склонность к широким теоретическим обобщениям свойственна только ученым одних, но не других стран, а в том, что эта склонность по-разному проявляется, в зависимости от особенностей духовного развития и культурных традиций в каждой стране.

Например, великое теоретическое обобщение, сделанное Ньютоном, сочеталось у него с отрицанием широких гипотез и с односторонним подчеркиванием индуктивного метода, и это нашло известное отражение в способе изложения и обоснования Ньютоном своих выводов. Ньютонианские традиции наложили отпечаток на позднейшую английскую науку. Спустя почти два века после «Математических начал натуральной философии» они продолжали сказываться, хотя и в ином виде. Высоко оценивая труд Дарвина «Происхождение видов путем естественного отбора», К. Маркс при этом отмечал: «Приходится, конечно, мириться с грубо английской манерой изложения»<sup>1</sup>.

Вот такого рода отрицательные или положительные традиции, оказывающие влияние на «манеру изложения», и составляют особенности научного склада ученых той или иной страны. Эти влияния, будучи прогрессивными, способствуют научному творчеству, будучи регрессивными — препятствуют ему. Но они не могут изменить или отменить того факта, что ученые *всех* стран обладают природными данными, необходимыми для того, чтобы совершать широкие теоретические обобщения и делать научные открытия синтетического характера.

Таково взаимоотношение между прирожденным дарованием человека и условиями, в которых протекает его жизнь.

Характеризуя эпоху Возрождения, Энгельс писал:

«Это был величайший прогрессивный переворот из всех пережитых до того времени человечеством, эпоха, которая нуждалась в титанах и которая породила титанов по силе мысли, страсти и характеру, по многосторонности и учестости... Герои того времени не стали еще рабами разделения труда, ограничивающее, создающее однобокость влияние которого мы так часто наблюдаем у их преемников. Но что особенно характерно для них, так это то, что они почти все живут в самой гуще интересов своего времени, принимают живое участие в практической борьбе, становятся на сторону той или иной партии и борются кто словом и пером, кто мечом, а кто и тем и другим вместе. Отсюда та полнота и сила характера, которые делают их цельными людьми»<sup>2</sup>.

В этих словах ярко показано, как обстановка вызывает к жизни «титанов мысли», как она воспитывает их и ориентирует их творческую деятельность в определенном направлении.

<sup>1</sup> К. Маркс и Ф. Энгельс, Избранные письма, 1953, стр. 121

<sup>2</sup> Ф. Энгельс, Диалектика природы, 1955, стр. 4.

Эпоху 60-х годов XIX века в России нередко сравнивают с эпохой Возрождения в странах Запада. Хотя исторические аналогии всегда весьма условны, но в данном случае они имеют известное основание. Подобно тому, как на заре развития молодого буржуазного общества исторические условия порождали «титанов мысли», так и в пореформенной России эпоха нуждалась в «титанах мысли» и порождала их.

Это обстоятельство исключительно верно подметил К. А. Тимирязев, много писавший по вопросам истории науки. Касаясь состояния химии в России 60-х годов XIX века, Тимирязев констатировал:

«...за какие-нибудь 10—15 лет русские химики не только догнали своих старших европейских собратьев, но порою даже выступали во главе движения, так что в конце рассматриваемого периода (т. е. как раз тогда, когда Дм. Ив. сделал свое открытие. — *Б. К.*) английский химик Франкланд мог с полным убеждением сказать, что химия представлена в России лучше, чем в Англии, отечестве Гумфри Дэви, Долтона и Фарадея. Успехи химии были, несомненно, самым выдающимся явлением на общем фоне возрождения наук в ту знаменательную эпоху...»<sup>1</sup>

Причину указанного выше явления Тимирязев совершенно правильно видел в характере общественного развития того времени, иначе говоря, он объяснял его материалистически, а не идеалистически, когда такого рода события рассматриваются исключительно с чисто духовной стороны. Тимирязев же прямо подчеркивал:

«...не пробудись наше общество вообще к новой кипучей деятельности, может быть, Менделеев и Ценковский скоротали бы свой век учителями в Симферополе и Ярославле..., а сапер Сеченов рыл бы траншеи по всем правилам своего искусства»<sup>2</sup>.

Критикуя идеалистическую концепцию истории науки, Дж. Бернал раскрывает действительное соотношение личности (с ее дарованием) и общества, дающего свой социальный заказ ученым:

«...сложилось мнение, будто существование науки обусловлено исключительно гениальностью великих людей и, следовательно, наука в значительной степени изолирована от влияния социальных и экономических факторов...

Великие люди действительно оказывают решающее влияние на прогресс науки, но их достижения не могут быть изучены в отрыве от их социальной среды. Когда мы не видим этого, очень часто возникает необходимость объяснить их открытия, прибегая к «ничего не значащим» словам, таким, как «вдохновение»

<sup>1</sup> К. А. Тимирязев, Соч., т. VIII, Сельхозгиз, 1939, стр. 154—155

<sup>2</sup> Там же, стр. 144.

и «гениальность». Великие люди, таким образом, недооцениваются и принижаются теми, кто слишком ограничен или ленив, чтобы понять их. То, что они являются людьми своего времени, подчиненными тем же плодотворным влияниям и страдающими от тех же общественных побуждений, что и другие люди, лишь увеличивает их значение. Чем более велик человек, тем больше пропитывается он духом своего времени; и только таким образом он сможет достаточно широко ухватить нужды времени, чтобы иметь возможность в корне изменить самый тип познания и деятельности... Отдельные человеческие существа имеют самые разнообразные наклонности. И только немногие, вероятно, внесут свой вклад в науку, хотя в наше время сделать это имеет возможность большее количество людей, чем когда-либо раньше, и гораздо большее количество, вероятно, сделает это в ближайшем будущем. Эти избранные или избирающие себя для научной работы люди, вероятно, отличаются друг от друга почти во всех других особенностях. Такое положение вносит большое разнообразие в науку, но в равной степени необходимое ее единство обуславливается воздействием — сознательным или бессознательным — на нее общества»<sup>1</sup>.

Влияние общественной среды, в частности общественного мнения, может быть не только положительным, стимулирующим, но и отрицательным, задерживающим развитие научного творчества ученого. Конкретным примером такого влияния может служить давление, которое оказывают на ученого всякого рода предрассудки и предубеждения, господствующие в известных кругах общества, в которых вращается данный ученый. К числу таких предрассудков принадлежало отрицательное отношение большинства естествоиспытателей середины XIX века к теоретическому мышлению при наличии склонности к узкому, одностороннему эмпиризму.

Характеризуя настроения среди химиков того времени, А. В. Раковский писал:

«Допустим, что мы живем в 1871 г. с нашей психологией, с нашим уважением к экспериментальным данным, представим себе, что к нам приходит химик и заявляет, что он открыл периодический закон и что на нем он строит естественную систему элементов, но... для этого необходимо из 64 элементов над 28 сделать большее или меньшее насилие вплоть до резкого изменения их атомных весов. Едва ли я ошибусь, если скажу, что большинство из нас отнеслось бы к такому открытию отрицательно и такую систему элементов назвало бы противоестественной...

<sup>1</sup> Дж. Бернал, Наука в истории общества, ИЛ, М. 1956, стр. 29.

Современники встретили идеи Менделеева в лучшем случае сдержанно; многие химики вообще не поняли значения сделанного открытия...» [12, 42].

Близкий друг и соратник Дм. Ив. чешский химик Богуслав Браунер очень ярко обрисовал отношение к открытию периодического закона со стороны одного из своих первых химиков-учителей — Роберта Бунзена, которое было типичным для большинства даже выдающихся химиков того времени.

Браунер пишет, что для Бунзена «официально не существовал закон Менделеева. Когда я, работая в то время у него в лаборатории над элементами редких земель (речь идет о 1878—1879 гг. — Б. К.), упомянул о том, какими хорошими оказываются атомные веса этих элементов, предложенные Менделеевым, он сказал: «уйдите от меня с этими догадками. Такие правильности найдете также между числами биржевого листка»<sup>1</sup>.

Это отношение к периодическому закону высказывалось не в момент его открытия, а спустя десять лет, когда он и некоторые вытекавшие из него следствия получили блестящие подтверждения на практике, особенно благодаря открытию в 1875 г. предсказанного экаалюминия, воплотившегося в галлий. Легко себе представить, каково было отношение к данному закону большинства химиков на первых порах после его открытия.

Дм. Ив. предстояло не просто провозгласить свой закон, а пробить и преодолеть закостенелое, консервативное господствовавшее тогда мнение своих современников, считавших неудобным или даже неприличным для серьезного ученого заниматься теоретическими обобщениями, а не сугубо экспериментальными исследованиями. Не считаться с этим мнением было невозможно, так как оно давало себя знать буквально повсюду. Например, в год открытия периодического закона Дм. Ив. получил письмо от известного русского химика Н. Н. Зинина, который выражал сожаление, что Дм. Ив. забросил свои первоначальные экспериментальные исследования и увлекся абстрактным теоретизированием, как это казалось Зинину.

В этих условиях от ученого требовалось большое мужество, научная смелость и решимость выступить против господствовавших убеждений, открыто нарушить установившиеся среди ученых нормы и оценки и пойти против течения. Без такой смелости и решимости не могло быть доведено до конца начатое открытие.

Особенно болезненны были, конечно, обидные насмешки, которые исходили от защитников существовавших норм в науке.

<sup>1</sup> «Dopisy Dimitrije I. Mendělejeva českému chemiku Bohuslavu Braunerovi», Praha 1952, стр. 33—34.



Известно, что Ньюленде, который был на пути к открытию периодического закона, стал жертвой таких насмешек и убоялся их; он отступил от своих первоначальных позиций и не посмел дальше развить высказанную им идею о «законе октав». Речь идет о следующем весьма характерном событии: когда Ньюленде сделал в 1866 г. доклад о своем открытии на заседании Лондонского химического общества и продемонстрировал свою таблицу элементов, физик Фостер иронически спросил, не пытался ли докладчик расположить элементы в алфавитном порядке и не обнаружил ли он тогда еще какую-нибудь закономерность?

Но Дм. Ив. не спасовал и не отступил при первых же стычках с сугубыми эмпириками, как это случилось с более робким и осторожным Ньюлендсом, а смело и решительно разрабатывал свое открытие дальше, не останавливаясь перед трудностями и скептическими замечаниями своих коллег и противников по науке. Не бояться защищать истину, в которую уверовал до конца, не страшиться пойти в борьбе за нее против господствующих, но уже устаревших воззрений, против каких угодно авторитетов в науке — таково неперемное условие для научного творчества ученого-новатора, каким был Дм. Ив. Это — одна из важнейших черт всякого подлинного, т. е. передового, ученого.

Мы рассмотрели взаимоотношения моментов национального и общечеловеческого, личного и общественного в научном творчестве на примере Дм. Ив. и, в частности, на примере истории открытия им периодического закона [доп. 74].

Так обстоит дело с третьим вопросом из числа тех, которые мы поставили в начале этой главы.

#### 4. Научное открытие как революционный скачок и его эволюционная подготовка

Нам осталось выяснить последний вопрос, который касается общего характера совершенного открытия: протекало ли оно в форме революционного скачка или эволюционной постепенности?

Все сказанное выше говорит о том, что это был в подлинном смысле скачок, *революционный переворот* в развитии творческой мысли Дм. Ив. и вместе с тем в развитии всей химии. Этот скачок, эта революция имела свою длительную и кропотливейшую эволюционную подготовку, которая началась еще во время пребывания Дм. Ив. на старших курсах Главного педагогического института в Петербурге, во время его работы у А. А. Воскресенского (химия) и С. С. Куторги (минералогия).



С тех пор, в течение почти полутора десятилетий, Дм. Ив. неуклонно и постепенно приближался к тому моменту, когда он смог в течение *одного дня* обобщить и выразить в одном законе природы громадное множество накопленного им и подготовлявшегося для теоретического обобщения опытного материала. Этот процесс совершался начиная с 1853 г. и кончая серединой февраля 1869 г.

Это был процесс постепенного и длительного накопления скрытых, количественных изменений, которые в определенный момент вызвали коренное, качественное изменение, приведя Дм. Ив. к великому научному открытию периодического закона.

Эволюционная подготовка этой революции в химии шла в научном творчестве Дм. Ив. несколькими путями. Сюда прежде всего относятся:

а) Уточнение атомных весов, как будущего *аргумента* в выражении периодического закона, как основы будущей системы элементов. Подготовка будущего открытия с этой стороны началась еще на лекциях А. А. Воскресенского по химии, записанных студентом Дм. Ив. в 1853—1854 гг.; позднее она продвинулась далеко вперед по этой же линии, особенно после съезда химиков в Карлсруэ в 1860 г., участником которого был Дм. Ив., ибо на этом съезде химики окончательно перешли от эквивалентов к истинным атомным весам.

б) Изучение явления изоморфизма, исследование сходства кристаллических форм в зависимости от химического состава минералов и их физических свойств, таких, как удельные веса и удельные объемы. Подготовка будущего открытия с этой стороны началась с ранних минералогических работ Дм. Ив., проведенных в 1854—1855 гг., и особенно его кандидатской диссертации, написанной в 1855 г.

в) Систематическое изучение удельных объемов как простых, так и сложных веществ, начатое Дм. Ив. еще при исследовании изоморфизма и вылившееся в его магистерскую диссертацию в 1856 г. Подготовка будущего открытия в этом направлении продолжалась и далее, особенно в период заграничной командировки Дм. Ив. в 1859—1861 гг., когда он работал над явлениями капиллярности; Дм. Ив. предполагал тогда найти общую зависимость физических свойств веществ от массы их частиц. Позднее атомные объемы выступили у Дм. Ив. как первая *физическая функция* в выражении периодического закона.

г) Обобщение фактического материала по органической химии, подготовлявшееся вместе с первыми экспериментальными работами Дм. Ив. в этой области (изучение сернисто-энантоловой кислоты в 1859 г.), в которых изучалось различие между «радикальным» и «типическим» кислородом. Подготовка будущего открытия по этой линии продвинулась особенно далеко

вперед в 1861 г., после создания Дм. Ив. своей оригинальной теории пределов органических соединений и написания «Органической химии», в которой свойства частиц рассматриваются в зависимости от их молекулярного веса. Здесь имелось приближение к понятию предельной атомности элементов, которое позднее сыграло роль главной *химической функции* в выражении периодического закона.

д) Тщательное ознакомление со вновь открываемыми элементами, такими, как Rb, Cs, In, Tl, и с ранее известными, но мало изученными, такими, как V, Nb, Ta, Ce, Yt, и другими.

е) Наконец, изучение распределения элементов по их естественным группам.

Без такой предварительной подготовки, без накопления громадного количества фактических данных, касающихся различных сторон сложнейших взаимоотношений между элементами, открытие периодического закона было бы, конечно, невозможно; но это открытие стало не только возможным, но и прямо необходимым, как только перед Дм. Ив. встала задача привести во взаимную связь весь этот громадный, накопленный ранее материал, обобщить его теоретически, систематизировать его, т. е. выразить его в правильной, научной системе.

Такая именно задача практически встала перед Дм. Ив. в 1868 г., когда он приступил к созданию своих «Основ химии», в которых он стал обобщать весь накопленный им материал химических и физических исследований, касающихся химических элементов. Не случайно поэтому, а вполне закономерно, что открытие периодического закона было сделано именно в ходе работы Дм. Ив. над теоретическими обобщениями этого материала в «Основах химии».

В последнем прижизненном издании своей книги, подводя итог многолетней работе над периодическим законом, Дм. Ив. следующим образом охарактеризовал предпосылки для верного суждения о сходстве элементов и вместе с тем те основные направления, по которым шла подготовка открытия периодического закона:

«...для верного суждения необходимы признаки не только качественные, но и количественные, т. е. измеримые. Когда некоторое свойство подлежит измерению, — оно перестает носить характер произвольной субъективности и придает сравнению объективность. К числу таких измеримых свойств элементов и их соответственных соединений принадлежат: а) изоморфизм, или сходство кристаллических форм и связанная с ним способность образовать изоморфные смеси; б) отношение объемов сходственных соединений элементов; в) состав солеобразных их соединений и г) отношение в весе атомов элементов. Мы кратко рассмотрим... эти четыре стороны дела, весьма важные для

естественной, а потому и плодотворной систематики элементов, облегчающей не только первое знакомство с ними и с их соединениями, но и подробное их изучение.

Исторически первым, важным и доказательным методом для открытия сходства соединений двух различных элементов служил *изоморфизм...* [1, 246].

Таким образом, никакой «внезапности» в смысле неподготовленности в истории открытия периодического закона не было. По выражению самого Дм. Ив., «периодическая законность прямо вытекла из запаса сближений и проверенных сведений, существовавших к концу 60-х годов...» [2, 351].

Сам Дм. Ив. вложил огромный труд в подготовку сделанного им великого открытия. Этот труд показан в ряде исследований, проведенных советскими учеными, в частности в кандидатской диссертации Р. Б. Добротина «Ранний период научной деятельности Д. И. Менделеева как этап на пути к открытию периодического закона» [доп. 75], которая была выполнена под руководством С. А. Жукарева и успешно защищена на химическом факультете Ленинградского университета в октябре 1953 г. С. А. Жукарев и Р. Б. Добротин опубликовали затем краткое резюме данной работы под заглавием «Первые научные работы Д. И. Менделеева как этап на пути к открытию периодического закона» [17, 165—177].

Открытие периодического закона, как показывают эти и другие исследования, явилось результатом поистине гигантского труда, который был затрачен и самим Дм. Ив. и множеством химиков из числа предшественников и современников Дм. Ив. Без такого громадного труда, продланного на протяжении многих десятилетий, было бы невозможно и само открытие названного закона.

Оценивая сделанные им открытия в науке, Дм. Ив. рассматривал их не как результат своей личной одаренности, но прежде всего как результат непрерывного труда. Не случайно он заявлял в ответ на эпитет «гений», которым его награждали: «Ну, какой там гений, трудился всю жизнь, вот и стал гением».

О. Э. Озаровская, которая в течение многих лет была сотрудницей Дм. Ив., писала:

«Кто-то сказал, что гениальность — это просто из ряда выходящая неутомимость в труде.

Жизнь Менделеева, жизнь изо дня в день, из часу в час являла собою непрерывную цепь труда...»<sup>1</sup>

Труд Дм. Ив. и других ученых явился необходимой предпосылкой и подготовкой открытия, сделанного 17 февраля 1869 г.

<sup>1</sup> «Д. И. Менделеев по воспоминаниям О. Э. Озаровской», М. 1929, стр. 120.

Этот труд составил основу всей предшествующей эволюционной подготовки данного открытия. И он же, только еще более напряженный и целенаправленный, заполнил собою, как мы видели, весь день великого открытия. Само это открытие явилось результатом высшего трудового акта, когда в течение нескольких часов интенсивнейшего труда Дм. Ив. суммировал, обобщил, подытожил весь огромный, ранее совершенный труд, как свой личный, так и своих предшественников.

Игнорировать или умалять значение этого труда — значит ничего не понять в истории данного открытия.

В 1877 г. в 3-м издании «Основ химии» Дм. Ив. писал: «Тут поле истинным открытиям, которые делаются работою не одного ума, а всех сил, человеку свойственных, усилением массы деятелей, из которых иногда один есть только выразитель того, что принадлежит многим, что есть плод совокупной работы мысли» [5а, 6].

Спустя еще 30 лет Дм. Ив. писал по этому же поводу в 8-м издании «Основ химии»: «Научные открытия редко делаются сразу, обыкновенно первые провозвестники не успевают убедить в истине найденного, время вызывает действительного творца, обладающего всеми средствами для проведения истины во всеобщее сознание; однако не должно забывать, что он может являться только благодаря труду многих и накопившейся сумме данных. Таков Лавуазье, таковы и все другие великие носители истин» [1, 411].

История подготовки и открытия периодического закона служит блестящей иллюстрацией известного положения Маркса: «Всеобщим трудом является всякий научный труд, всякое открытие, всякое изобретение. Он обуславливается частью кооперацией современников, частью использованием труда предшественников»<sup>1</sup>.

Эта мысль выражена Дж. Берналом, который пишет следующее:

«Ни в одной области культуры и меньше всего в науке великие люди не могут не опираться на работу своих предшественников. Ни одно открытие любой степени эффективности не может быть сделано без подготовительной работы сотен сравнительно незначительных и лишенных воображения ученых. Эти последние собирают, большей частью даже не понимая, что они делают, необходимые данные, на основании которых великие люди могут работать»<sup>2</sup>.

О труде предшественников Дм. Ив., готовивших почву для открытия периодического закона и даже приближавшихся к

<sup>1</sup> К. Маркс. Капитал. т. III, 1955, стр. 109.

<sup>2</sup> Дж. Бернал, Наука в истории общества, ИЛ, М. 1956, стр. 29

этому открытию, подробно говорилось в последнем параграфе главы VIII.

Однако открытие Дм. Ив. периодического закона изображается иногда весьма примитивно, упрощенно, а потому неправильно: утверждается, что Дм. Ив. сел и вдруг сразу открыл этот закон, или — разложил карточки элементов и вдруг сразу создал периодическую систему элементов. Как мы видели выше, некоторые люди договорились даже до того, будто Дм. Ив. открыл периодический закон и создал свою систему элементов... во сне!

Некоторые историки науки склонны приписывать достижения научного творчества Дм. Ив., в том числе создание периодической системы элементов, простой удаче или счастливому везению. Дело представляется тогда наподобие какой-то лотереи, в которой одним участникам «везет» по непонятным причинам, а другим — не «везет». Так, П. И. Вальден писал:

«Ныне же, по истечении многих десятилетий, мы, быть может, не вполне сознательно учитываем влияние одного фактора, существенно обусловившего *успехи* этой системы и *славу* ее творца, а именно влияние *счастья*, счастливой случайности, сопровождавшей как Д. И. Менделеева, так и его систему»<sup>1</sup>.

Дм. Ив. очень не любил такого рода «объяснений», так как справедливо видел в них умаление роли труда и способностей самого ученого, которые только и могли обеспечить успех его научного творчества [доп. 76]. «Счастливую случайность» он отвергал так же, как и «внезапное наитие».

Все эти рассуждения представляют собой такой же исторический анекдот, как «история» с ньютоновским яблоком и уаттовской крышечкой чайника. Основой такого рода легенд и анекдотов является попытка изобразить научное открытие или техническое изобретение как внезапное, одноактное событие, которое произошло якобы «вдруг», совершенно «неожиданно».

Такой взгляд на открытие периодического закона был распространен еще при жизни Дм. Ив.; он всегда вызывал резкие возражения со стороны самого Дм. Ив. В своих воспоминаниях о Дм. Ив. О. Э. Озаровская привела один характерный эпизод. Однажды к Дм. Ив. пришел сотрудник газеты «Петербургский листок», чтобы проинтервьюировать Дм. Ив. по вопросам химии. Дм. Ив. встретил репортера настойчивой просьбой:

«Скорей, только скорей! Мы заняты: видиге, письмо пишем!»

Репортер спросил об отношении Дм. Ив. к открытию радия и получил ответ, закончившийся словами:

«Ну-с, все? Что еще? Только скорей. Время-то, время идет!»

Далее диалог шел так:

<sup>1</sup> П. И. Вальден, Наука и жизнь, ч. II, Петроград 1919, стр. 80.

*Репортер:* «—Как вам пришла в голову, Дмитрий Иванович, ваша периодическая система?»

*Дм. Ив.* «—О-о! господи!»

Затем последовали стоны, потрясание головой, вздохи и смех: кх, кх, кх, кх. И, наконец, решительное:

«— Да ведь не так, как у вас, батенька! Не пятак за строчку! Не так, как вы! Я над ней может быть двадцать лет думал, а вы думаете: сидел и вдруг пятак за строчку, пятак за строчку готово! Не так-с!»<sup>1</sup>.

Дм. Ив. был возмущен вопросом репортера потому, что в этом вопросе явно сквозила мысль, будто периодическую систему элементов Дм. Ив. мог создать без всякой подготовки, внезапно, как бы по наитию. Это означало бы, что открытие периодического закона было совершено не в порядке скачка, или революции, закономерно завершающей предшествующую, очень длительную и очень трудоемкую подготовительную работу, а в порядке внезапного, неожиданного, ничем не обусловленного акта.

Отвечая репортеру, Дм. Ив. подчеркивает главное, что его открытие было итогом, завершившим собою двадцатилетнее размышление о связях между элементами, обдумывание со всех сторон взаимоотношений элементов.

Замечательно то обстоятельство, что это открытие началось именно как революционный скачок, который в течение сравнительно короткого времени завершил собою ту длительную эволюционную подготовку, которую Дм. Ив. проводил по меньшей мере 15 лет, подобно тому как всякая революция в относительно короткий срок подытоживает многолетние плоды подготовительной эволюции.

Следует подчеркнуть, что в день 17 февраля 1869 г. открытие периодического закона отнюдь не завершилось, а только началось. Его разработку и углубление Дм. Ив. продолжал в течение почти трех ближайших лет, и лишь к концу 1871 г. оно было доведено, наконец, до относительного завершения. Однако его развитие продолжалось и в последующие годы, особенно в связи с подтверждением вытекавших из него логических следствий, а также в связи с такими выдающимися открытиями, как открытие инертных газов и радиоактивных элементов.

Вместе с тем революция, совершенная в химии, т. е. открытие периодического закона, чрезвычайно сильно стимулировала дальнейшее развитие химии, дальнейшую работу (как самого Дм. Ив., так и других химиков, признавших его открытие) по

<sup>1</sup> «Д. И. Менделеев по воспоминаниям О. Э. Озаровской», М. 1929 стр. 110

накоплению и систематизации все нового и нового опытного материала в области учения о веществе.

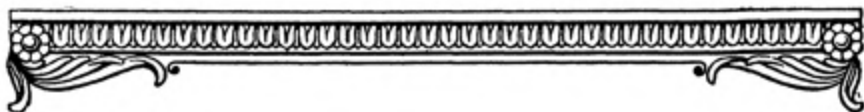
Тем самым история открытия периодического закона и его подготовки может служить блестящей иллюстрацией к известному положению марксистской диалектики, что эволюция есть подготовка революции, а революция есть завершение эволюции.

Руководствуясь этим положением и применяя его к развитию человеческой мысли, А. А. Жданов сравнивал великие научные открытия с революциями. Он отвергал метафизический взгляд, сводящий все дело лишь к количественным изменениям, лишь к плавному, эволюционному процессу.

«Возникновение марксизма, — говорил А. А. Жданов, — было настоящим открытием, революцией в философии. Конечно, как и всякое открытие, как и всякий скачок, перерыв постепенности, всякий переход в новое состояние, оно, это открытие, не могло произойти без предварительного накопления количественных изменений...» [11, 258].

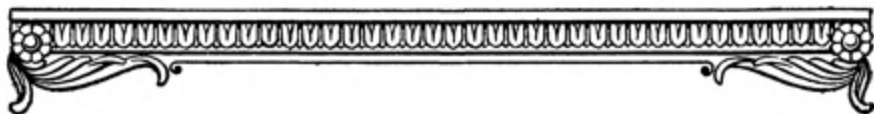
Именно так произошло величайшее открытие в истории химии, открытие периодического закона, сделанное одним из величайших химиков мира, Дмитрием Ивановичем Менделеевым, в день 17 февраля 1869 г.





## ДОПОЛНЕНИЯ





## ДОПОЛНЕНИЕ К ПРЕДИСЛОВИЮ

[Д о п. 1]. Труды, содержащие анализ новых менделеевских материалов  
(К стр. 7)

Исследованию менделеевских рукописей, касающихся открытия периодического закона, посвящены также и некоторые другие наши работы, к которым мы и отсылаем читателя, интересующегося данным вопросом:<sup>1</sup>

а) статья «К истории открытия периодического закона Д. И. Менделеевым», опубликованная в виде приложения к сборнику «Д. И. Менделеев, Новые материалы по истории открытия периодического закона», М.—Л. 1950, стр. 87—145 [6];

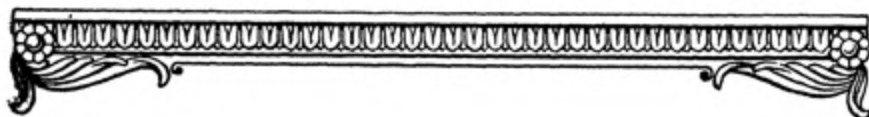
б) доклад «О ходе открытия Д. И. Менделеевым периодической системы элементов», сделанный в апреле 1951 г. на 2-м Всесоюзном совещании по отечественной химии и вошедший в «Материалы по истории отечественной химии», 1953, стр. 119—141 [10];

в) обзорная статья «Развитие Д. И. Менделеевым естественной («короткой») системы элементов», напечатанная как приложение к тому I «Научного архива» Д. И. Менделеева, М. 1953, стр. 771—858 [8].

Данная книга является прямым продолжением названных работ. Изложенные в них мысли и предположения получают дальнейшее подтверждение и развитие благодаря публикации новых документов и их сопоставлению с ранее уже известными.

---

<sup>1</sup> См. список ссылок на литературные источники в конце книги.



## ЧАСТЬ ПЕРВАЯ

### ДОПОЛНЕНИЯ К ГЛАВЕ I

#### [Д о п. 2]. События того времени, не связанные с открытием периодического закона

(К стр. 13)

Известно, например, что 6 февраля 1869 г., т. е. за 11 дней до дня открытия закона, на заседании Русского химического общества Дм. Ив. был избран в комиссию для решения вопроса «о наилучшем помещении свободных денег Общества, в количестве 836 руб. сер.» [ 9,33]. Точно так же известно, что спустя два дня после этого, 8 февраля 1869 г., т. е. всего за 9 дней до дня открытия, Дм. Ив. получил орден Анны 2-й степени [ 7, 18]. Однако совершенно неизвестно, имели ли эти события какую-либо связь с открытием периодического закона и повлияли ли они хотя бы в малейшей степени на его ход. Поэтому мы не будем интересоваться такого рода событиями, несмотря даже на то, что по времени, хронологически, они близки ко дню открытия периодического закона, т. е. к 17 февраля 1869 г.

#### [Д о п. 3]. Таблицы элементов с принятыми в 1867—1868 гг. атомными весами

(К стр. 14)

Приведем две таблицы, составленные Дм. Ив. в начале его работы над «Основами химии», примерно зимой 1867—1868 гг.

Первая из них содержится в лекциях Дм. Ив. по неорганической химии, изданных литографским способом (хранятся в Музее-архиве Д. И. Менделеева при Ленинградском университете). Эти лекции были обнаружены в библиотеке Высших женских курсов (бывших Бестужевских) в Ленинграде; они были переплетены с лекциями Дм. Ив. по земледельческой химии 1880/81 г. Найденные лекции не имели заглавного листа, и никакой даты на них не сохранилось. Однако по некоторым признакам удастся установить, что они были прочитаны, вероятнее

всего, в 1867/68 учебном году, когда Дм. Ив. только что приступил к руководству кафедрой химии в Петербургском университете, т. е. в то время или незадолго перед тем, как Дм. Ив. приступил к составлению «Основ химии». Об этом свидетельствует, в частности, таблица элементов, содержащаяся в литографированных лекциях, которую мы воспроизводим ниже (см. табл. 1) [4а, 382—383]. Звездочками на ней мы отметили те элементы, для которых вместо истинных атомных весов приведены эквивалентные веса, крестиками — элементы, у которых не только атомные, но и эквивалентные веса определены неточно. Данные, приведенные в этой таблице, показывают, что лекции читались до февраля 1869 г., ибо в таблице отсутствуют все те изменения, которые Дм. Ив. сделал 17 февраля 1869 г. Но они не могли читаться ранее 1867 г., ибо некоторые данные для атомных весов были установлены только к тому времени. Следовательно, лекции читались примерно в 1867—1868 гг. В дальнейшем нам придется несколько раз сослаться на эту таблицу.

|          |          |          |           |
|----------|----------|----------|-----------|
| Ag 108   | *Cs 133  | *Mo 48   | Se 79,4   |
| *Al 13,5 | Cu 63,4  | N 14     | Si 28     |
| As 75    | *Di 47,5 | Na 23    | Sn 118    |
| Au 197   | *Er »    | Nb 97,8  | Sr 87,6   |
| B 10,9   | F 19     | Ni 58,8  | ×Ta 103,3 |
| Ba 137   | Fe 56    | O 16     | Te 128    |
| *Be 4,7  | H 1      | *Os 99,6 | Ti 50     |
| Bi 220   | Hg 200   | Ph 31    | *Th 59,6  |
| Br 80    | J 127    | Pb 207   | Tl 204    |
| C 12     | *In 37   | *Pd 53,3 | *Ur 60    |
| *Ca 20   | *Ir 99   | Pt 187,4 | ×Va 68,6  |
| *Ce 46   | K 39     | Rb 85,4  | *Wo 92    |
| *Cd 56   | *La 46,4 | *Rh 52,2 | Y »       |
| Cl 35,5  | Li 7,5   | *Ru 52,2 | Zn 65,2   |
| Co 58,8  | Mg 24    | S 32     | Zr 89,6   |
| Cr 52,8  | Mn 55    | Sb 124,3 |           |

Таблица 1

Атомные и эквивалентные веса простых тел (63 элемента).

Конец 1867 — начало 1868 г. (?) «Старый список».

Звездочками отмечены эквивалентные веса, крестиками — ошибочные данные.

Вторая таблица была составлена, вероятно, в середине 1868 г. и вскоре же опубликована в вып. 1 «Основ химии» (см. табл. 2). В тексте главы мы вернемся к этой таблице и рассмотрим принцип, на котором она построена. Теперь же отметим только, что в отличие от табл. 1 в ней уже представлены не эквивалентные, но истинные атомные веса ( $\text{Ca}=40$ ,  $\text{Al}=27,4$ ); только для углерода, очевидно по недосмотру, вместо  $\text{C}=12$  стоит  $\text{C}=6$  [3, 342]:

|              |               |
|--------------|---------------|
| 1) H = 1     | 12) Mg = 25   |
| 2) O = 16    | 13) Zn = 65,3 |
| 3) N = 14    | 14) Cu = 63,5 |
| 4) *C = 6    | 15) Hg = 200  |
| 5) Cl = 35,5 | 16) Pb = 207  |
| 6) J = 127   | 17) P = 31    |
| 7) Na = 23   | 18) Al = 27,4 |
| 8) K = 39    | 19) Cr = 52   |
| 9) Ag = 108  | 20) Mn = 55   |
| 10) S = 32   | 21) Fe = 56   |
| 11) Ca = 40  | 22) Si = 28   |

Таблица 2

Атомные веса «обыкновеннейших простых тел» (22 элемента).

Середина 1868 г. (?)

Звездочкой отмечен эквивалентный вес углерода.

#### [Д о п. 4]. Один из наиболее ранних планов «Основ химии». Расшифровка фотокопии I

(К стр. 20)

План «Основ химии», изображенный на фотокопии I, вpletен в том 1009 личной библиотеки Дм. Ив., который содержит 1-ю часть 1-го издания «Основ химии»; правая половина плана вpletена против стр. 401, т. е. в самом конце вып. 1, а левая — против стр. 814, т. е. в самом конце вып. 2.

Воспроизведем прежде всего первоначальную запись плана, т. е. восстановим ее в том виде, какой она имела до внесения в план каких-либо исправлений и дополнений, кроме одного, которое было сделано Дм. Ив. по ходу составления плана (см. табл. 3).

Здесь, как и далее, пунктирной линией отделяются элементы, включенные в 1-ю часть «Основ химии», от элементов, намечаемых во 2-ю часть книги. Всего этот план охватывал сначала 41 элемент <sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Дм. Ив., по-видимому, после Sr стал писать Mg, но, не дописав его символа, перекрыл «Mv» символом Ba, а Mg дописал впереди Ca (под S). Букву «g» Дм. Ив. писал иногда как «y» с росчерком, а потом делал сверху полукружок, чтобы соединить верхние концы первоначально написанной буквы «y» (см. фотокопию I). В данном случае, по-видимому, он успел написать букву «M» и начало буквы «y». Получилось нечто вроде Mv, что мы и обозначили в табл. 3 как Mv. Поскольку, таким образом, Mg оказался переставленным (в ходе составления наброска плана), мы выделяем его курсивом. В дальнейшем мы будем обозначать жирным шрифтом вновь добавленные элементы, а курсивом — переставляемые элементы, как уже об этом было сказано в предисловии.

|       |    |    |      |    |    |    |    |
|-------|----|----|------|----|----|----|----|
| H     | O  | N  | C    |    |    |    |    |
| Cl    | J  | Br | F    |    |    |    |    |
| Na    | K  | Cs | Ag   |    |    |    |    |
| ..... |    |    |      |    |    |    |    |
| S     | Ca | Sr | [Mv] | Ba | Pb | Hg | Cu |
| Mg    |    |    |      |    |    |    |    |
| Al    | Cr | Mn | Fe   | Co | Ni |    |    |
| Ti    | Sn | Si | Pt   | Zr | Ni | Ta | V  |
| Au    | Bi | Bo | Sb   | As | P  | V  |    |

Таблица 3

(см. фотокопию I, стр. 17).

Первоначальный набросок плана «Основ химии» (41 элемент).

Середина 1868 г. (?) «Ранний план 1868 г.»

Рядом с Ta стоят Nb («Ni») и W («V»); в квадратные скобки заключено зачеркнутое; курсивом набрано перенесенное с первоначального места на новое место.

Затем Дм Ив начал вносить изменения в свою первоначальную запись, по всей вероятности, он добавил еще один элемент, доведя общее число элементов, охваченных планом, до 42; он вписал **Zn** между Ba и Pb (см. табл. 4). Этот вновь дописанный элемент обозначен жирным шрифтом в косых скобках.

|    |    |    |                  |    |    |    |   |
|----|----|----|------------------|----|----|----|---|
| 1  | 2  | 3  | 4                |    |    |    |   |
| H  | O  | N  | C                |    |    |    |   |
| 5  | 6  |    |                  |    |    |    |   |
| Cl | J  | Br | F                |    |    |    |   |
| 7  | 8  |    | 9                |    |    |    |   |
| Na | K  | Cs | Ag               |    |    |    |   |
| 10 | 11 |    | 13               | 16 | 15 | 14 |   |
| S  | Ca | Sr | Ba \ <b>Zn</b> / | Pb | Hg | Cu |   |
| 12 |    |    |                  |    |    |    |   |
| Mg |    |    |                  |    |    |    |   |
| 18 | 19 | 20 | 21               |    |    |    |   |
| Al | Cr | Mn | Fe               | Co | Ni |    |   |
|    |    | 22 |                  |    |    |    |   |
| Ti | Sn | Si | Pt               | Zr | Ni | Ta | V |
|    |    |    |                  |    | 17 |    |   |
| Au | Bi | Bo | Sb               | As | P  | V  |   |

Таблица 4

(см. фотокопию I, стр. 17)

Первые дополнения к первоначальному наброску плана «Основ химии» с выделением «обыкновеннейших простых тел» (42 элемента).

Середина 1868 г. (?)

Жирным шрифтом набрано дописанное позднее



В таком виде план «Основ химии» вполне соответствует «таблице атомных весов обыкновеннейших простых тел», изображенной на табл. 2. Номера по порядку элементов, расположенных в табл. 2, для ясности записаны над символами соответствующих элементов в табл. 4. Как видим, порядок элементов в обеих таблицах в общем совпадает. Отличие заключается лишь в том, что, во-первых, у трех металлов (Pb, Hg, Cu) порядок в табл. 4 обратный их порядку в табл. 2 и, во-вторых, P оказался в табл. 4 не перед Al, как в табл. 2, а почти в самом конце плана. Объясняется это, по-видимому, тем, что после ряда двуатомных элементов сначала шел ряд трехатомных элементов, близких к семейству Fe и не дающих окислов состава  $R_2O_3$ , затем — ряд четырехатомных элементов, а после него — ряд остальных трехатомных элементов, далеких от семейства Fe и дающих, по крайней мере в некоторых случаях, окислы состава  $R_2O_3$ . Среди этих последних был и P в качестве ближайшего аналога N.

Таким образом, последовательное изменение атомности в рядах элементов этого плана было таково (приводим лишь численное значение атомности):

$$1; 2; 3; 4; 3(5)$$

(в скобках указана атомность по кислороду в соляных окислах трехатомных элементов данного ряда).

Затем, возможно уже во второй половине 1868 г., Дм. Ив. произвел новые изменения, перестановки и дополнения, в результате которых план принял окончательный вид, представленный на фотокопии I (см. табл. 5).

Какие же изменения внес Дм. Ив. в свой план? Прежде всего Ag (одноатомный элемент) был вычеркнут из ряда одноатомных (щелочных) металлов, поставлен в один ряд с двуатомными металлами, причем он оказался сближен с Hg и Cu, которые дают окислы не только состава RO, но и состава  $R_2O$ . Однако вследствие такой перестановки первоначальный принцип распределения элементов по атомности оказался частично нарушенным.

Далее из ряда двуатомных элементов была вычеркнута S, в результате чего в этом ряду остались только одни металлы. Для S и ее аналогов был открыт новый ряд: S, Se, Te. Это — элементы, двуатомные по водороду и четырех- или шестиатомные по кислороду. Следовательно, ряд двуатомных элементов распался на два: один (Ca и т. д.) с атомностью, равной 2 (по кислороду), другой (S и т. д.) с атомностью, равной 2 (по водороду) и 4 или 6 (по кислороду). Следовательно, здесь произошло то же, что и с трехатомными элементами.

|    |   |    |      |
|----|---|----|------|
| H  | O | N  | C    |
| Cl | J | Br | F    |
| Na | K | Cs | [Ag] |

|      |    |    |    |        |    |     |      |       |
|------|----|----|----|--------|----|-----|------|-------|
| [S]  | Ca | Sr | Ba | \ Zn / | Pb | [Hg | Cu   | Ag]   |
| Mg   |    |    |    |        |    |     |      |       |
|      | S  | Se | Te |        |    |     |      |       |
| [Al] | Cr | Mn | Fe | Co     | Ni | Al  | Mo   | Ur    |
|      | Ti | Sn | Si | Pt     | Zr | Ni  | Ta   | Volfr |
|      | Au | Bi | Bo | Sb     | As | P   | VVan |       |

Таблица 5  
(см. фотокопию I, стр. 17)

Перестановки, изменения и новые дополнения в первоначальном плане «Основ химии» (46 элементов).

Вторая половина 1868 г (?) «Поздний план 1868 г.»

В квадратные скобки поставлено зачеркнутое; курсивом набрано перенесенное на новое место; жирным шрифтом отмечено дописанное или вставленное вновь; ломаная линия указывает на то, что здесь был впоследствии изменен первоначальный порядок следования элементов; символом Ni во втором случае—между Zr и Ta—обозначен ниобий

В итоге получился следующий порядок изменений атомности в рядах элементов рассматриваемого плана:

1; 2; 2(4—6); 3, 4; 3(5).

Далее Дм. Ив. включил **Mo** в ряд металлов, близких к семейству Fe, и поставил его после **Al**, который был вычеркнут в начале ряда и перенесен в его конец. Кроме того, в этот же ряд был добавлен еще и **Ur**. Таким образом, было добавлено еще 4 элемента (Se, Te, Mo, Ur), и общее число элементов, охваченных данным планом, достигло 46.

Наконец, для того чтобы различить знаки вольфрама и ванадия, которые вначале были обозначены одной и той же буквой V, Дм. Ив. начал было удваивать первое V, но затем решил добавить к нему буквы **olfr**. Второе же V он удвоил, т. е. превратил его в **W**, и дописал к нему буквы **an**. Следовало изменить также символы никеля и ниобия, которые оказались обозначенными одинаково через Ni. Это Дм. Ив. сделал в более позднем плане «Основ химии» (см. фотокопию XII).

[Д о п. 5]. Сопоставление вариантов распределения металлов в «Основах химии». Расшифровка фотокопии Ia

(К стр 32)

Листик бумаги с записью семи металлов, изображенных на фотокопии Ia, вклеен Дм. Ив. в том 1009 его личной библио-

теки, содержащий 1-ю часть 1-го издания «Основ химии». Запись эта расшифровывается так:

Na K. [C] Hg Cu Ag Pb [Ca] Ba.

Это значит, что после К Дм. Ив. стал писать «начала, по-видимому, Cu, но затем, написав только первую букву С, поставил Hg вместо Cu, а Cu поставил после Hg; точно так же после Pb он сначала написал Ca, а затем перекрыл его символом Ba.

Приведенный столбец из семи металлов был составлен Дм. Ив., очевидно, либо в конце 1868 г., либо в начале 1869 г.; возможно, что этот ряд явился подготовкой к позднему варианту плана «Основ химии» (см. табл. 7 [доп. 6]). Во всяком случае он свидетельствует, что после переноса щелочных металлов из 1-й во 2-ю часть книги Дм. Ив. упорно искал решение вопроса о том, как от этих металлов перейти к изложению остальных 50 элементов.

Об этом же свидетельствует еще одно место из 2-й части «Основ химии» (гл. 2), где перечисляются «металлы, приближающиеся до некоторой степени к щелочным металлам... Таковы, например, серебро, кальций, железо, медь и др.» [4, 95—96].

| Распределение металлов                       |                                |              |                                          |
|----------------------------------------------|--------------------------------|--------------|------------------------------------------|
| в главах 2-й части «Основ химии»             |                                |              | в рукописном столбце (см. фотокопию 1а): |
| в гл. 1:                                     | в гл. 2:                       | в гл. 3:     |                                          |
| по способности давать кислые и основные соли | по общему химическому сходству | по атомности | по атомности                             |
| Na K                                         | Na и др.                       | Na и др.     | Na                                       |
| Cu Pb                                        |                                | Cu и др.     | K                                        |
|                                              |                                |              | Hg                                       |
|                                              |                                |              | Cu                                       |
|                                              |                                |              | Ag                                       |
| Ba Ca Ag                                     | Ag Ca Fe Cu и др.              | Mg Ba и др.  | Pb                                       |
|                                              |                                |              | Ba                                       |

Таблица 6  
(см. фотокопию 1а, стр. 29).

Варианты распределения металлов с выделением «переходных» между щелочными и щелочноземельными.

Начало 1869 г.

В табл. 6 сопоставлены различные варианты распределения металлов (с выделением «переходных»), которые содержатся в первых трех главах 2-й части «Основ химии» и в приведенном

столбце из семи металлов (ср. фотокопию Ia). Во всех четырех случаях неизменным остается лишь начало каждого распределения — Na и его аналоги. Далее, в трех случаях за Na, K и т. д. идет или Cu (гл. 1 и 3) или Hg и Cu (фотокопия Ia); в главе 2 Cu отодвинута далеко назад и поставлена за Ag, Ca и Fe. Положение Ag сильно меняется: в главе 1 оно стоит в самом конце, после Cu, Pb, Ba и Ca; в главе 2 — сразу после Na и др.; в столбце из семи металлов — после Cu, но перед Pb и Ba. Щелочноземельные металлы стоят в самом конце в главе 3 и в столбце из семи металлов, но в предыдущих главах после них еще следует Ag (гл. 1) или Fe, Cu и др. (гл. 2).

Все это показывает, что число и состав тех металлов, которые Дм. Ив. относил к «переходным» между щелочными и щелочноземельными, отнюдь не были строго определены, а непрерывно изменялись по мере написания «Основ химии»; сюда относились либо Cu и Pb (гл. 1), либо Ag (гл. 2), либо Cu и др. (гл. 3), либо, наконец, Hg, Cu, Ag и Pb (фотокопия Ia).

[Д о п. 6]. Сопоставление различных планов «Основ химии».  
Начало расшифровки фотокопии XII  
(К стр. 32)

Упомянутый новый план был составлен Дм. Ив., по-видимому, в начале 1869 г. и, возможно, накануне или почти накануне 17 февраля этого года. Фотокопия оригинала этого плана с ее расшифровкой была недавно опубликована [8, 202—203]. Мы ее приведем ниже (см. фотокопию XII). Здесь же мы воспроизведем прежде всего первоначальный вид этого плана до того, как Дм. Ив. начал делать в нем перестановки и дополнения (см. табл. 7); включены лишь те поправки, которые делались по ходу составления плана. К ним относятся зачеркивание [Ca] (гл. 3), [V] (гл. 11) и [Co и др.] (гл. 15). Как и выше, зачеркнутое мы ставим в квадратные скобки. В главе 14 мы добавили в фигурных скобках {Sn, Th?}, ибо только эти два металла можно было подразумевать под выражением: «и др.», стоящим после символов Ti и Zr.

Всего данный план охватывает уже 57 элементов, включая сюда Sn и Th, что превышает на 11 элементов последний вариант наброска плана 1868 г. (ср. с табл. 5). Следовательно, это — самый подробный из всех ранее рассмотренных вариантов плана «Основ химии». Для окончательного его завершения, т. е. для полного охвата всех 63 элементов, в него необходимо было включить еще 6 элементов: Be и 5 редкоземельных металлов.

Но правильно включить Ве можно было только на основе периодического закона. Поэтому данный вариант плана, куда Ве еще не включен, мог быть составлен только до 17 февраля 1869 г., однако незадолго до этой даты, так как характер расположения металлов здесь отличается от их расположения в табл. 5 [доп. 4] и от того, как Дм. Ив. предполагал их расположить, когда он писал первые главы 2-й части своей книги.

**Один из планов  
«Основ химии»**

{Часть 1 H, O, N, C, Cl, F, Br, J}

Часть 2

Гл. 1. Na.

Гл. 2. K. Li. Cs. Rb.

Гл. 3. Mg. [Ca.]

Гл. 4. Ca. Sr. Ba.

Гл. 5. Zn. Cd. In. ~

Гл. 6. Cu. Ag.

Гл. 7. Hg. Pb. Tl.

Гл. 8. S. SH.

Гл. 9. SO и др. Se. Te.

Гл. 10. P. V.

Гл. 11. Sb. As. Bi. [V.]

Гл. 12. B. Al.

Гл. 13. Si.

Гл. 14. Ti. Zr и др. {Sn. Th?}

{Гл.} 15 [Co и др.] Fe. Mn. Cr.  
Ni. Co. Ur.  
Ni. Mo. Ta. W.  
Pl. R{h}. Ru.  
Pt. Ir. Os.  
Au.

*Таблица 7*

(см. фотокопию XII, стр. 138—139).

Вариант плана «Основ химии»

(55 + {2} = 57 элементов).

Начало 1869 г. (?) «Ранний план 1869 г.»

В квадратные скобки заключено зачеркнутое Дм. Ив.; курсивом набрано перенесенное на новое место; в фигурных скобках стоят редакционные вставки, сделанные мною; формулы SH и SO означают соединения серы с водородом и кислородом; символом Ni во втором случае — перед Mo — обозначен ниобий.

Особенно это касается семейства Fe, отодвинутого почти в самый конец книги (гл. 15), тогда как ранее Дм. Ив. предполагал изложить его непосредственно вслед за двуатомными элементами.

В табл. 8 сопоставлены ранний и поздний варианты плана «Основ химии» 1868 г. с ранним вариантом (начало 1869 г.) плана 2-й части этой книги.

## Варианты плана «Основ химии»

| ранний 1868 г.<br>(табл. 3)                | поздний 1868 г.<br>(табл. 5)                | ранний 1869 г.<br>(табл. 7)                                              |
|--------------------------------------------|---------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|
| Na K Cs Ag<br>S Mg Ca Sr Ba<br>Pb<br>Hg Cu | Na K Cs<br>Mg Ca Sr Ba<br>Zn Pb<br>Ag Hg Cu | Na K Li Cs Rb<br>Mg Ca Sr Ba<br>Zn Cd In<br>Cu Ag<br>Hg Pb Tl<br>S Se Te |
| Al Fe и др.                                | S Se Te<br>Fe и др. Al Mo Ur                | P V Sb As Bi<br>B Al                                                     |
| Ti Sn Si Pt Zr                             | Ti Sn Si Pt Zr                              | Si Ti Zr {Sn Th ?}<br>Fe и др. Ur                                        |
| Nb Ta W                                    | Nb Ta W                                     | Nb Mo Ta W<br>Pt и др.<br>Au                                             |
| Au Bi B<br>Sb As P V                       | Au Bi B<br>Sb As P V                        |                                                                          |

Таблица 8

Сравнение трех вариантов плана 2-й части «Основ химии».

Середина 1868 г. (?) — начало 1869 г. (?)

Курсивом набрано перенесенное на новое место; жирным шрифтом — добавленное вновь; в фигурные скобки заключены редакционные расшифровки.

[Д о п. 7]. Предполагавшийся отъезд из Петербурга  
в феврале 1869 г. для обследования артельных сыроварен

(К стр. 34)

Судя по сведениям, которые содержатся в сообщении и записях Дм. Ив. [5, 225—228], в эту поездку он обследовал три сыроварни: великосельскую, глазовскую (близ Бежецка, в имении Н. С. Серова) и михайловскую (в Весьегонском уезде).

В записной книжке Дм. Ив. за 1868—1870 гг. имеется запись, свидетельствующая о том, что 29—30 декабря 1868 г. у Н. С. Серова «мы (Верещагин и я) доили корову Няньку» и что «при нас Няньку 29 декабря в 5<sup>1</sup>/<sub>2</sub> утра доили» [5, 447 и 254].

Позднее по поводу своего доклада об артельном сыроварении Дм. Ив. записал: «На рождественских праздниках 1869 г. я объехал сыроварни Н. В. Верещагина в Новгородской и Тверской губ. и докладывал об них. Я не скучал изучать все ветви сельского хозяйства. Тут и мои симпатии к артелям» [7, 58]. Далее следует замечание «О скоте молочном Серова и вообще о доходности от молочного скота».

По-видимому, во время рождественских каникул 1868—1869 гг. Дм. Ив. не успел обследовать все намеченные сыроварни и было необходимо съездить еще раз на сыроварни в ближайшее же время, чтобы затем можно было сделать обобщающие выводы и обсудить итоги работы артельных сыроварен на заседании ВЭО.

Вопрос о новой поездке был поставлен на первом же заседании Совета ВЭО в новом (1869) году при секретаре Общества А. И. Ходневе<sup>1</sup>. В журнале Совета ВЭО от 31 января 1869 г. (протокол № 1) записано: «8. Доложено, что член Д. И. Менделеев, которого Совет просил проверить на месте сведения, доставленные г. Верещагиным, о состоянии артельного сыроварения в конце 1868 г., намерен отправиться в Тверскую губернию с этой целью около 20-го будущего февраля и просит о принятии Обществом на себя потребного на поездку расхода, который может простирается приблизительно до семидесяти пяти рублей.

Положено ... г. Менделееву по возвращении из означенной поездки, предоставить в Совет счет сделанного на нее расхода, который отнести на сметную экстраординарную сумму текущего года, о чем и уведомить г. Менделеева, препроводив к нему сведения, доставленные г. Верещагиным»<sup>2</sup>.

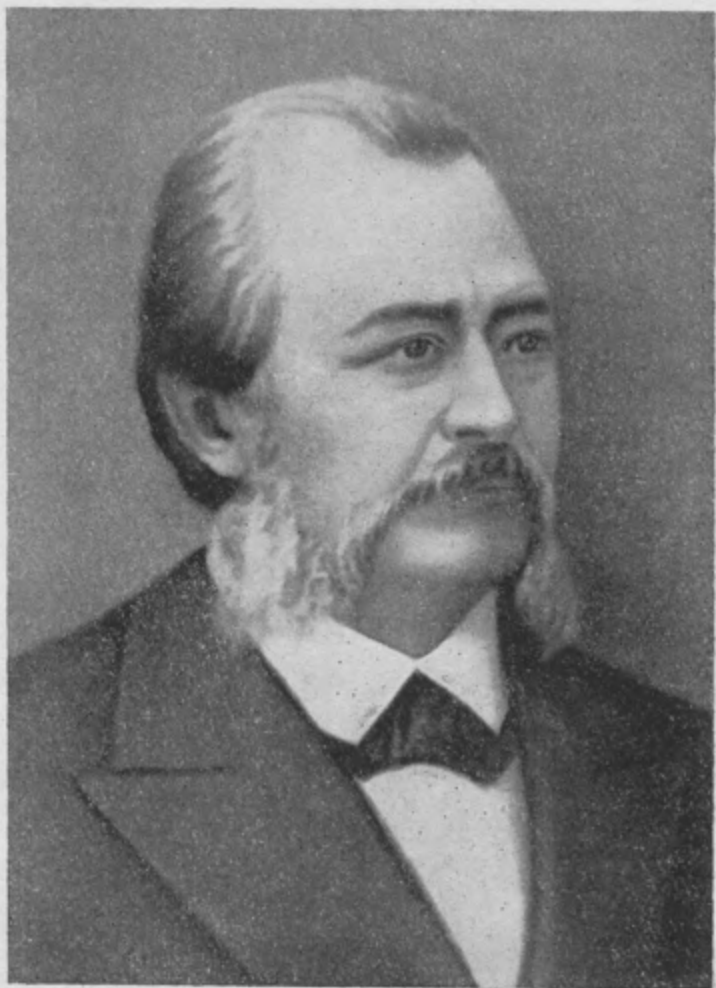
Неизвестно, почему Дм. Ив. отложил свою вторую поездку на середину и вторую половину февраля 1869 г. Кроме текущих учебных занятий и лекций, Дм. Ив. могла задержать работа над корректурой вып. 2 «Основ химии» (предисловие к вып. 2 датировано мартом 1869 г.; вышел в свет он, очевидно, тоже около этого времени), а также работа по написанию следующего (3-го) выпуска книги, первые главы которого, как уже говорилось выше, писались как раз в начале 1869 г. Возможно, что Дм. Ив. не хотел оставлять недописанной главу 3 вып. 3 «Основ химии», к составлению которой он уже успел или еще только собирался приступить в конце января 1869 г. Так или иначе, но при всей спешности задачи доведения до конца начатого уже обследования артельных сыроварен, Дм. Ив. резервировал для себя еще 20 дней.

К середине февраля выяснилось, что задерживавшая Дм. Ив. причина уже отпала: возможно, что к тому времени он закончил корректурную правку последних листов вып. 2 книги и отослал их в типографию; возможно также, что как раз к этому времени он написал вчерне главу 3 вып. 3 «Основ химии».

<sup>1</sup> Имя А. И. Ходнева (1818—1883) мы будем упоминать еще не раз в нашей книге, так как с этим деятелем ВЭО Дм. Ив. обменялся письмами как раз в день открытия периодического закона. (Биографический очерк о А. И. Ходневе см. в «Трудах Института истории естествознания и техники», т. 2, 1954, стр. 19—45.)

<sup>2</sup> Подлинник хранится в ЦГИАЛ, ф. 91, оп. 1, ед. хр. 170, л. 1. Речь идет о Н. В. Верещагине (1839—1907); см. [доп. 42] и фотокопию XIV.





Алексей Иванович Ходнев

## ДОПОЛНЕНИЯ К ГЛАВЕ II

[Д о п. 8]. Два письма от ВЭО с датой 17 февраля 1869 г.  
по поводу поездки на артельные сыроварни  
(К стр. 42)

Мы предполагаем, что утром 17 февраля 1869 г. Дм. Ив. получил извещение и письмо от секретаря ВЭО А. И. Ходнева, который интересовался, удалось ли Дм. Ив. получить отпуск из университета для поездки на сыроварни. По-видимому, получив отпускное свидетельство лишь 15-го, в субботу, Дм. Ив. не успел еще известить ВЭО, в частности его секретаря А. И. Ходнева, о том, как обстоит у него дело с отпуском. Официальное извещение, присланное Ходневым, гласило (см. фотокопию IIa):

«Милостивый Государь, Дмитрий Иванович.

Имею честь уведомить Вас, что Совет Вольного Экономического Общества, приняв с благодарностию готовность Вашу осмотреть артельные сыроварни Тверской губернии, поручил мне покорнейше просить Вас, по возвращении Вашем из этой поездки, представить Совету о расходе, какой будет Вами на нее сделан.

Исполняя сим означенное поручение Совета, считаю долгом препроводить к Вам при сем сведения, доставленные г. Верещагиным о состоянии артельного сыроварения в конце 1868 года, а также указания вопросов, на решение коих было бы желательно, по мнению Совета, обратить внимание во время Вашей поездки.

Примите, Милостивый Государь, уверение в совершенном почтении моем и преданности.

А. Ходнев»<sup>1</sup>.

На этом извещении рукою Ходнева проставлена дата — 17 февраля 1869 г.; значит, этот документ был отправлен Дм. Ив. в самый день открытия периодического закона.

Несравненно больший интерес представляет личное письмо того же Ходнева к Дм. Ив., которое служило как бы сопроводительной запиской к приведенному выше официальному извещению.

В этом письме Ходнев писал (см. фотокопию II):

«Потрудитесь, многуважаемый Дмитрий Иванович, известить меня, нужно ли писать от В. Э. Общества Ректору Универ-

<sup>1</sup> Подлинник хранится в Музее-архиве Д. И. Менделеева при ЛГУ.

ситета о Вашем отпуске для осмотра артельных сыроварен и на какой срок.

Искренне преданный и уважающий Вас  
17 февраля 1869 г.

А. Ходнев<sup>1</sup>.

На внутренней странице письма имеется пост-скриптуи:

«Если возможно, то доставьте мне до Вашего отъезда хотя самый короткий обзор результатов химического исследования почв и др., для включения в годовой отчет общества, который должен быть читан в начале марта».

По-видимому, это письмо Ходнев послал не по почте, а с нарочным, ибо он торопился узнать, когда Дм. Ив. выедет из Петербурга. Во всяком случае Дм. Ив. получил это письмо до того, как он приступил к открытию периодического закона, о чем свидетельствуют выкладки, сделанные им на обороте этого письма. Как увидим далее, делать такие выкладки имело бы смысл только до того, как были сделаны Дм. Ив. другие записи, относящиеся к этому же дню.

Сейчас, конечно, трудно установить, что мог делать Дм. Ив. в момент получения письма от Ходнева. Но есть одно указание на то, что это письмо было доставлено ему во время завтрака. Прочтя это письмо, Дм. Ив. мог оставить его на столе, а затем поставить на него стакан или чашку. На приведенной фотокопии можно ясно различить двойной след — подтек от какого-то сосуда с плоским круглым дном. Во всяком случае трудно допустить, что Дм. Ив. использовал это письмо в качестве подстилки *после* того, как он сделал на нем свои записи, так как он всегда относился весьма бережно к тому, что имело отношение к его открытиям, даже гораздо менее крупным, чем открытие периодического закона.

Нам не удалось пока выяснить, ответил ли Дм. Ив. Ходневу на его письмо, но надо полагать, что ответил, особенно если его принёс посыльный. Позднее дело обстояло, возможно, так: думая в момент получения ходневского письма об «Основах химии», Дм. Ив. через некоторое время перевернул это письмо чистой стороной и стал делать на нем карандашом записи, касавшиеся 2-й части своей книги. В связи с этим интересно привести замечание профессора А. А. Иностранцева, близко знавшего Дм. Ив., о том, что «Менделеев нередко пользовался для заметок неиспользованными полулистами почтовой бумаги от полученных им записок» [6, 137].

Так это, очевидно, произошло и в данном случае.

---

<sup>1</sup> Подлинник хранится в Музее-архиве Д. И. Менделеева при ЛГУ, 1 архив, 64-В-41.

[Д о п. 9]. Первое сопоставление групп несходных элементов по величине атомного веса. Расшифровка фотоконии II

(К стр. 43)

В табл. 8а дана расшифровка записей, сделанных рукой Дм. Ив. на оборотной стороне письма Ходнева (см. фотоконию II).

|                                                                                                                                                                                             |        |                     |    |                     |    |                     |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|---------------------|----|---------------------|----|---------------------|-----|
| H                                                                                                                                                                                           |        | Cl—180              |    |                     |    |                     |     |
|                                                                                                                                                                                             |        | K                   |    |                     |    |                     |     |
| <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"> <div>Na H Ba</div> <div>Sr Ca Ag Pb Hg</div> <div>Zn</div> <div>Cu Mg Co Ni Fe Mn</div> <div>Ti Si</div> </div> |        |                     |    |                     |    |                     |     |
| {Na}                                                                                                                                                                                        | 23     | {K}                 | 39 | {Rb}                | 85 | {Cs}                | 133 |
| {2 Li?}                                                                                                                                                                                     | 14 [7] | {Mg}                | 24 | {Zn}                | 65 | {Cd}                | 112 |
| 9[16]                                                                                                                                                                                       |        | 15                  |    | 20                  |    | 21                  |     |
| {Li}                                                                                                                                                                                        | 7      | { $\frac{1}{2}$ Mg} | 12 | { $\frac{1}{2}$ Zn} | 32 | { $\frac{1}{2}$ Cd} | 56  |
| {16}                                                                                                                                                                                        |        | {27}                |    | {53}                |    | {77}                |     |

Таблица 8а

(см. фотоконию II, стр. 42—43).

Первые сопоставления элементов по величине атомных весов с целью нахождения их разности у элементов разных групп (19+4 элемента).

Пометки на письме Ходнева. 17 февраля 1869 г.

В квадратные скобки поставлено зачеркнутое; курсивом набрано записанное вторично на новом месте; жирным шрифтом — включенное дополнительно; в фигурных скобках заключено добавленное редакцией в соответствии со значениями атомных весов; знак вопроса указывает, что в данном случае расшифровка произведена предположительно.

Первая запись была сделана, по-видимому, в левом углу оборотной стороны листа, т. е. в том месте, с которого обычно начинают заполнять чистую страницу. Эта запись очень короткая: HCl — 180.

Возможно, что сначала Дм. Ив. хотел записать молекулярный вес соляной кислоты состава HCl.  $8H_2O=180$ , о которой говорилось в 1-й части «Основ химии» [3, 684]. Не может быть это — удельный объем KCl в старом выражении [16, 283]. Затем он подписал K под Cl и тем самым сопоставил два полярно-противоположных элемента (галлоид и щелочной металл), обладающих близкими атомными весами: K=39 и Cl=35,5.

Хотя здесь Дм. Ив. пока еще не записал значений атомных весов Cl и K, однако к этому прямо подводило само написание

одного под другим двух крайне несходных в качественном (химическом) отношении, но весьма сходных в количественном отношении элементов (Cl и K). Возможно, что Дм. Ив. отправлялся здесь от своей прежней идеи — о близости в количественном отношении (в отношении атомности) H, Cl и Na (в данном случае вместо Na был записан его аналог K). Такое именно сопоставление и отражено в сближении первых трех элементов, записанных на письме Ходнева.

Далее, придерживаясь в основном первого плана «Основ химии» 1868 г. (см. фотокопию I). Дм. Ив. записал подряд 16 элементов, начиная с Na, записанного под K, и следующего за ним H. Воспроизведем эту запись:

|    |    |    |    |    |    |
|----|----|----|----|----|----|
| Na | H  | Ba |    |    |    |
| Sr | Ca | Ag | Pb | Hg |    |
| Cu | Mg | Co | Ni | Fe | Mn |
| Ti | Si |    |    |    |    |

После этого Дм. Ив. обвел полукругом две верхние строки этой записи и между ними и двумя нижними сторонами (необведенными) вписал Zn, отделив его чертами от ранее записанных элементов. В результате запись приняла следующий вид:

|       |    |    |    |    |    |
|-------|----|----|----|----|----|
| Na    | H  | Ba |    |    |    |
| Sr    | Ca | Ag | Pb | Hg |    |
| <hr/> |    |    |    |    |    |
| Zn    |    |    |    |    |    |
| <hr/> |    |    |    |    |    |
| Cu    | Mg | Co | Ni | Fe | Mn |
| Ti    | Si |    |    |    |    |

Эта запись сходна с поздним вариантом плана «Основ химии» 1868 г. (см. табл. 5) [доп. 4] в части распределения металлов. И там и здесь Дм. Ив. начинает с Na, затем у него идут щелочноземельные металлы, за ними — Pb, Ag, Hg, Cu, потом — семейство железа, за которым следуют Ti, Si. Различие заключается лишь в том, что в плане 1868 г. Mg подписан под первым членом ряда двуатомных металлов и, следовательно, перед Ca, Sr и т. д., а в записи на ходневском письме Mg стоит не только после них, но и после Ag, Pb, Hg, Cu.

Но именно так должно было бы получиться, если в плане 1868 г. читать строки элементов подряд, т. е. так, как если бы каждая следующая строка была продолжением предыдущей. Тогда Mg, записанный в плане 1868 г. под зачеркнутой серой (см. фотокопию I), оказался бы не в начале ряда перед Ca, Sr, Ba, а в его конце и следовал бы за Pb, Ag, Hg, Cu, как и в записи, сделанной на письме Ходнева.

Наконец, как в плане, так и в записи сделана одна и та же вставка в ряд двуосновных металлов: вставлен Zn. В плане он вставлен между Ba и Pb, в записи — между Pb, Hg и Cu, Mg.

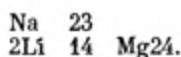
Таким образом, здесь Zn оказывается в непосредственной близости с Mg.

Все это говорит за то, что, кроме сопоставления Cl с K, существенных изменений по сравнению с предыдущими записями (середины 1868 — начала 1869 г.) здесь пока еще не сделано. Сопоставление же Cl с K только в том случае вносило бы нечто принципиально новое, если бы оно делалось на основании количественного сходства не одной лишь атомности, но и атомного веса.

Такого рода сопоставление сделано в нижней части той же страницы (см. фотокопию II и табл. 8а). Здесь сопоставлены без указания символов элементов две группы металлов — группа натрия и его аналогов и группа магния, цинка и кадмия. Сначала под атомным весом Na Дм. Ив. записал число 7, которое могло означать либо атомный вес Li, либо половину атомного веса Be, принятого за 14; но так как эквивалент Be равен 4,7, то число 7 означало бы  $1\frac{1}{2}$  эквивалента Be. Тогда первоначальная разность в первом столбце оказалась равной 16.

Но вслед за тем Дм. Ив. перекрыл число 7 числом 14, которое тогда приписывалось Be в качестве его атомного веса; но возможно, что он поставил удвоенный эквивалент Li ( $2\text{ Li} = 14$ ), поскольку для Mg, Zn и Cd также были взяты удвоенные эквиваленты, равные истинным атомным весам этих металлов.

В пользу Li говорит то, что Дм. Ив., как уже отмечалось, считал, что Li образует собою переход от Na к Mg; так это отчасти и получается здесь:



Против Be говорит то, что Дм. Ив. нигде не пользовался величинами в  $1\frac{1}{2}$  эквивалента. Кроме того, пока Дм. Ив. считал Be аналогом трехвалентного Al, он не включал его в группу Mg, Zn и Cd, как это он сделал позднее, в ходе открытия периодического закона [6, 110—111].

Увеличив число под Na=23 с 7 до 14, Дм. Ив. тем самым уменьшил здесь разность с 16 до 9.

Сейчас же после определения разностей между истинными атомными весами двух групп (Na и Zn) Дм. Ив. написал ряд эквивалентных весов для второй группы, подписывая их под найденными разностями. Не получив ясной правильности при вычислении разностей между атомными весами щелочных металлов и термическими эквивалентами Mg, Zn и т. д., Дм. Ив., возможно, сделал попытку выяснить: не получится ли более четкой правильности при определении разностей между эквивалентными весами у членов разных групп, которые у щелочных металлов совпадают с их истинными атомными весами? Но доста-

точно было это сделать, чтобы убедиться, что картина с разностями в случае эквивалентов получается еще менее определенной, чем в предыдущем случае. В самом деле, получаются следующие соотношения:

|          |          |          |          |          |          |          |          |
|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| $\{Na\}$ | 23       | $\{K\}$  | 39       | $\{Rb\}$ | 85       | $\{Cs\}$ | 133      |
| $\{Li\}$ | 7        | $\{Mg\}$ | 12       | $\{Zn\}$ | 32       | $\{Cd\}$ | 56       |
|          | $\{16\}$ |          | $\{27\}$ |          | $\{53\}$ |          | $\{77\}$ |

Существенно отметить также следующее обстоятельство: с момента заполнения нижней части оборота письма Ходнева в дальнейшем, при сопоставлении нескольких разных групп элементов, Дм. Ив. подписывает меньшее значение атомного веса под большим значением для нахождения разности между ними; в результате этого элементы располагаются (сверху вниз) не в порядке возрастания, а в порядке убывания атомных весов.

В таком порядке Дм. Ив. записывает атомные веса элементов разных групп вплоть до завершения открытия периодического закона. Когда же это открытие было доведено до конца и создана система элементов, Дм. Ив. меняет порядок следования элементов на обратный, подписывая большие атомные веса *не над*, а *под* меньшими [6, 131].

[Д о п. 10]. Элементы и их группы, известные  
к моменту открытия периодического закона  
(К стр. 47)

К началу 1869 г. значительная часть элементов была объединена в отдельные естественные группы и семейства по признаку общности химических свойств; наряду с этим другая их часть представляла собой разрозненные, стоявшие особняком отдельные элементы, которые не были объединены в особые группы. Твердо установленными группами считались следующие:

*группа щелочных металлов* — литий (Li), натрий (Na), калий (K), рубидий (Rb) и цезий (Cs);

*группа щелочноземельных металлов* — кальций (Ca), стронций (Sr) и барий (Ba);

*группа кислорода* — кислород (O), сера (S), селен (Se) и теллур (Te);

*группа азота* — азот (N), фосфор (P), мышьяк (As) и сурьма (Sb). Кроме того, сюда часто присоединяли висмут (Bi), а в качестве неполного аналога азота и мышьяка рассматривали ванадий (V);

*группа углерода* — углерод (C), кремний (Si) и олово (Sn), причем в качестве неполных аналогов кремния и олова рассматривали титан (Ti) и цирконий (Zr);



*группа галоидов*, или галогенов, — фтор (F), хлор (Cl), бром (Br) и йод (J);

*группа меди* — медь (Cu) и серебро (Ag);

*группа цинка* — цинк (Zn) и кадмий (Cd);

*семейство железа* — железо (Fe), кобальт (Co), никель (Ni), марганец (Mn) и хром (Cr);

*семейство платиновых металлов* — платина (Pt), осмий (Os), иридий (Ir), палладий (Pd), рутений (Ru) и родий (Rh), причем последние три металла нередко выделялись в особое семейство палладия; кроме того, к семейству платины часто присоединяли золото (Au).

Несколько сложнее дело обстояло с такими элементами, которые могли быть отнесены к разным группам или семействам. В число таких входили следующие:

*свинец* (Pb), дававший окись (PbO), сходную с BaO, а по другим своим свойствам близкий с оловом;

*ртуть* (Hg), стоявшая особняком, как единственный металл, находившийся при обычных условиях в жидком состоянии, но вместе с тем дававший соединения двух типов, сходные с аналогичными же соединениями меди;

*магний* (Mg), сходный, с одной стороны, с кальцием, а с другой — с цинком;

*золото* (Au), сходное и с семейством платины и с серебром;

*бор* (B), стоявший вообще особняком и лишь изредка сближаемый с кремнием;

*водород* (H), выделявшийся из числа всех вообще элементов своим легчайшим весом, принятым за единицу; в электрохимической системе в ряду напряжения рассматривался как переходный от электроположительных к электроотрицательным элементам;

*алюминий* (Al) и *железо* (Fe), которые объединялись в особую группу земельных металлов, причем в этом случае к ним присоединялись и другие металлы, дающие окислы состава  $R_2O_3$ ;

*таллий* (Tl), сходный по своей окиси ( $Tl_2O$ ) с окисями щелочных металлов, но в других отношениях несходный с ними; по способу открытия (с помощью спектрального анализа) сближался с индием, равно как с рубидием и цезием;

*молибден* (Mo) и *вольфрам* (W), сходные между собой и составлявшие по сути дела особую группу.

Все перечисленные выше элементы к началу 1869 г. были изучены уже настолько хорошо, что их атомные веса были установлены к этому времени уже более или менее точно (в смысле порядка их величин), во всяком случае ошибки определений находились в пределах одной или нескольких атомных единиц.

Но, кроме того, были открыты, но еще не достаточно изучены элементы, у которых атомные веса были определены с таки-

ми грубыми ошибками, что отличались от истинных в полтора и два раза и даже больше. К их числу относились следующие элементы и их группы и семейства:

*семейство редкоземельных элементов* — иттрий (Y), «эрбий» (Er), церий (Ce), лантан (La) и «дидим» (Di), — которое обычно подразделялось на два относительно самостоятельных семейства: церитовых металлов (церий, лантан и «дидим») и гадолинитовых металлов (иттрий, «эрбий»); к последним причисляли иногда предположительный элемент тербий (Ter), в существовании которого были, однако, большие сомнения. Кроме того, как выяснилось позднее, «дидим» и «эрбий» представляли собой не индивидуальные элементы, а смеси нескольких не разделенных еще между собой редкоземельных металлов. Что же касается церия, то он иногда присоединялся к земельным металлам;

*ниобий* (Nb) и *тантал* (Ta), которые составляли по существу особую группу, но не были еще изучены достаточно хорошо, а их атомные веса вообще еще не считались твердо установленными (были известны лишь их эквиваленты), по своим свойствам, еще слабо выясненным, они сближались отчасти с молибденом и вольфрамом;

*бериллий* (Be), окиси которого приписывалась глиноземная формула, в связи с чем он относился к группе земельных металлов;

*торий* (Th), стоявший особняком, но иногда сближавшийся с гадолинистыми металлами или же с церием и цирконием;

*уран* (U), также стоявший особняком, но сближавшийся с семейством железа, хотя и отдаленно;

*индий* (In), изученный еще крайне слабо и стоявший особняком; отчасти сближался с цинком, как его спутник.

Таковы были в общих чертах знания о группах и семействах химических элементов к началу 1869 г.

[Д о п. 11]. Первая попытка сопоставить несколько изученных групп элементов по величине атомных весов.

Начало расшифровки верхней части фотокопии III

(К стр. 47)

Подлинник, изображенный на фотокопии III, хранится в Музее-архиве Д. И. Менделеева при Ленинградском университете; он вылетен в том 1009 личной библиотеки Дм. Ив. против стр. 69, соответствующей стр. 77 в томе XIII Сочинений [3, 77].

В табл. 9 представлено размещение первых групп по величине атомного веса. По-видимому, сначала была записана группа галоидов, затем — группы O и N. При этом все группы

вплотную примкнули одна к другой в каждой паре сопоставленных элементов.

|      |         |       |        |    |
|------|---------|-------|--------|----|
| F=19 | Cl=35,5 | Br=80 | J=127  |    |
| O=16 | S=36    | Se=79 | Te=128 |    |
| N=14 | P=31    | As=75 | Sb=122 |    |
| {13} | 13      | 12    |        | 14 |
| H=1  | ? 18    | Cu 63 | Ag=108 |    |

Таблица 9  
(см. фотокопию III, стр. 49).

Начало составления верхней таблички вплоть до первой записи разностей атомных весов (15 элементов).

17 февраля 1869 г.

В фигурных скобках стоит число, восстановленное мной по разности  $14-1=13$ .

Необходимо отметить два отступления от этого порядка, которые обнаружили сразу, после перехода от группы F к группе O: 1) атомный вес у S оказался на 1 больше, чем у стоящего над ней хлора; но это была простая описка, ибо  $S=32$ , а не 36; 2) атомный вес у Te также оказался на 1 больше, чем у J. Если в первом случае Дм. Ив. смог в дальнейшем исправить свою описку, то второй случай до самых последних дней жизни Дм. Ив. оставался кажущимся камнем преткновения для периодического закона.

Написав группу N и не переходя еще к группе S, которая должна была следовать непосредственно за группой N, Дм. Ив. несколько отступил от принятого им уже порядка записывания новых групп в строящуюся табличку: он как бы «забежал вперед» и обратился к водороду. В связи с этим Дм. Ив. впервые записал в свою табличку разности атомных весов у членов несходных элементов.

Для членов первой строки (группа F) и третьей строки (группа N) соответственные разности были равны:  $5(F-N)$ ;  $4,5(Cl-P)$ ;  $5(Br-As)$ ;  $5(J-Sb)$ .

Следовательно, в среднем атомные веса через одну строку уменьшились почти точно на 5, причем эта разница в их значении была одинаковой для каждой пары сопоставляемых элементов. В дальнейшем, конечно, величина разности атомных весов могла измениться, например увеличиться, но можно было предположить, что она будет одинаковой для каждой пары элементов, входящих в две сопоставляемые группы.

Подписав  $H=1$  под  $N=14$ , Дм. Ив. увидел, что разность атомных весов равна здесь 13<sup>1</sup>. Если наметившаяся выше пра-

<sup>1</sup> Поскольку значение разности между  $N=14$  и  $H=1$  у Дм. Ив. на фотокопии III отсутствует, мы поставили ее в табл. 9 в фигурные скобки.

вильность, выражающаяся в постоянстве разницы атомных весов для всех членов двух сопоставляемых групп, действительно существует, то отсюда следовал вывод: если у Н есть аналоги, т.е. если Н входит в какую-либо естественную группу, то атомные веса остальных членов этой группы должны соответственно отличаться на 13 от атомных весов элементов, входящих в группу азота. Это означало, что в таком случае сюда должны быть включены три каких-то элемента с атомными весами около 18, 62 и 109, причем все эти три элемента должны быть аналогами Н или во всяком случае должны быть сходными с ним в каком-то существенном отношении.

Существование элемента с атомным весом 18, близкого по своим свойствам к Н, неизвестно. Поэтому, после  $H=1$  Дм. Ив. записал «? 18» под  $P=31$ , причем поставил под 31 число 13, равное разнице между 31 и 18. Далее шли элементы с атомными весами, близкими к 62 и 109, и со свойствами, близкими к Н.

Такие элементы действительно существуют: это —  $Cu=63$  и  $Ag=108$ , атомность которых равна 1, как и у Н. Дм. Ив. ранее относил их к металлам, «переходным» от щелочных металлов к щелочноземельным. Но до сих пор он не соединял их в одну естественную группу с Н. Здесь же он впервые это делает. Так у него составилась еще одна естественная группа элементов:

$H, ?=18, Cu \text{ и } Ag.$

Позднее к ним присоединилась еще и  $Hg$ .

Пока Дм. Ив. эмпирически определял разности атомных весов у членов сопоставляемых групп, он шел чисто индуктивным путем. Таким же путем он мог прийти к мысли, что между рядами (группами) F и N имеется постоянная разность атомных весов. Можно предположить, что далее следовало смелое обобщение, опирающееся на то, что было особенным лишь для сопоставленных уже групп: это обобщение сводилось к мысли, что между любыми двумя сопоставляемыми группами разность атомных весов должна быть постоянной или почти постоянной в пределах этих групп.

Конечно, такое заключение могло оказаться сначала слишком поспешным и не всегда соответствующим действительности. Но в рассматриваемом случае на самом первоначальном этапе открытия периодического закона, возникнув в виде предположения, или гипотезы, оно, несомненно, продвинуло творческую мысль Дм. Ив. вперед.

Возникнув, это гипотетическое обобщение потребовало затем проверки, которую Дм. Ив. произвел, идя уже не индуктивным, а дедуктивным путем. Определив разность между атомными весами  $N-H=13$ , он принял эту разность за общее положение и стал определять, соблюдается ли оно, в частности, для каждого из членов группы азота, следующего за N?

Весь этот ход рассуждений можно представить в виде следующей таблички:

|                                                        |             |             |             |             |
|--------------------------------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Атомные веса членов группы азота:                      | N = 14      | P = 31      | As = 75     | Sb = 122    |
| Разность атомных весов N и H (принятая за постоянную): | <u>— 13</u> | <u>— 13</u> | <u>— 13</u> | <u>— 13</u> |
| Атомные веса ожидаемых членов группы H:                | H = 1       | ? = 18      | ? = 62      | ? = 109     |
| Известные элементы с подходящими свойствами:           | H = 1       | —           | Cu = 63     | Ag = 108    |

Переписав окончательный результат и заменив теоретически принятую разность в атомных весах (=13) фактически существующими, получим то, что было записано Дм. Ив. в табличке (см. табл. 9 и фотокопию III), а именно:

|                        |        |        |         |          |
|------------------------|--------|--------|---------|----------|
| атомные веса группы N: | N = 14 | P = 31 | As = 75 | Sb = 122 |
| фактические разности:  | {13}   | 13     | 12      | 14       |
| атомные веса группы H: | H = 1  | ? 18   | Cu 63   | Ag = 108 |

Здесь, как и в табл. 9, мы восполнили отсутствующую у Дм. Ив. запись разницы между атомными весами N и H, поставив ее в фигурные скобки.

(Кстати, наличие числа 13 между P=31 и ? = 18 и числа 12 между As=75 и Cu=63 говорит о том, что в момент записывания их чисел в табличке строчка между N и т. д. и H и т. д. была еще пустой, так что группа C была записана сюда позднее).

Что касается предполагаемого элемента с атомным весом примерно равным 18, который должен был бы занять место между H и Cu, то позднее Дм. Ив. трижды ставит его в столбце P: один раз — в той же верхней табличке, другой раз — в нижней табличке и третий раз — при окончательном оформлении уже сделанного открытия, в переписанном набело «Опыте системы элементов». В первом случае Дм. Ив. ограничился включением между H и Cu лишь черты, во втором случае — одного вопросительного знака, а в третьем случае он записал на этом месте: «?=22» [6, 134—135].

Следует еще указать на то, что первоначально Дм. Ив. стал составлять табличку из четырех столбцов, т. е. считал сопоставляемые группы четырехчленными. Это было продолжением той записи, которая была сделана внизу на письме Ходнева, где Дм. Ив. сопоставил группу четырех щелочных металлов с группой четырех же «переходных» металлов. При условии, что группы считаются четырехчленными, H может быть помещен только в первом столбце, начинающемся с F, O, N и т. д. Позднее в этом именно столбце Дм. Ив. помещает H трижды: один раз — в той же верхней табличке, другой раз — в нижней таб-

личке и третий раз — при составлении полной черновой таблицы элементов [6, 111—112].

|      |         |       |           |
|------|---------|-------|-----------|
| F=19 | Cl=35,5 | Br=80 | J=127     |
| O=16 | S=36    | Se=79 | Te=128    |
| N=14 | P=31    | As=75 | Sb=122    |
|      | 13      | 12    |           |
| C=12 | Si=28   | Zr=89 | Sn=118 14 |
| H=1  | ? 18    | Cu 63 | Ag=108    |
|      | Mg=24   | Zn=65 | Cd=112    |
| Li=7 | Na=23   | K=39  | Rb=85     |
|      | 1       | 27    | 27        |

Таблица 10  
(см. фотокопию III, стр. 49).

Продолжение составления верхней таблички из 4 столбцов вплоть до второй записи разностей атомных весов (26 элементов).  
Жирным шрифтом набрано вставленное позднее.

В табл. 10 показано дальнейшее заполнение верхней таблички (см. фотокопию III). Сначала была включена между строками с N и с H—Cu, т. е. непосредственно под группой N, группа C; при этом между P=31 и Si=28 оказалось ранее записанное здесь число 13, а между As=75 и Zr=89 — число 12; сбоку же от Sn=118 оказалось число 14.

Члены группы C, за исключением одного Zr, непосредственно примкнули к членам предыдущей группы N. В случае же Zr=89 атомный вес не только не уменьшался по сравнению с выше-записанным As=75, но, напротив того, возрастал на 14. Это свидетельствовало о неестественности включения Zr на данное место в группе C. Но сохранение Zr в группе C было все же оправдано.

По сути дела, здесь Дм. Ив. впервые подошел к тому, что естественные группы элементов могут включать более четырех членов, вследствие чего число столбцов в таблице элементов может быть более четырех. Так, место Zr оказывалось бы тогда не в столбце Br, Se и As, а в промежутке между этим столбцом и следующим за ним столбцом J, Te, Sb и Sn. Сюда бы Zr подошел по величине своего атомного веса. Помещением Zr на промежуточное место между двумя основными столбцами с сохранением его в ряду C открывался бы новый столбец в табличке элементов; в таком случае эта табличка содержала бы в себе, кроме четырех основных столбцов, один промежуточный.

Что же касается размещения в табличке группы Na и группы Mg, то прежде всего следует отметить, что Cs=133 не попал сюда,

очевидно, потому, что он должен был бы составить новый, пятый столбец за пределами принятых здесь Дм. Ив. четырех основных столбцов.

Следование группы Li и Na непосредственно за группой Mg, Zn и Cd весьма показательно: оно свидетельствует о прямой преемственности между записями в данной табличке и более ранними записями, сделанными на письме Ходнева.

Там Дм. Ив. сопоставил обе группы так, что сверху была записана группа Na, члены которой считались обладающими большими атомными весами, а снизу — группа Mg, члены которой считались обладающими меньшими атомными весами; поэтому под  $Na=23$  ставился удвоенный атомный вес лития:  $2 Li=14$ ; под  $K=39$  ставился  $Mg=24$  и т. д. В итоге получились слишком большие разрывы в величинах атомных весов и отсутствовала правильность в разностях атомных весов, которые имели значения: 9, 15, 20 и 21.

Теперь же Дм. Ив. поменял обе группы местами: сначала он записал группу Mg, Zn и Cd, признав тем самым, что у ее членов имеются большие атомные веса, а под нею — группу щелочных металлов, признав этим, что у ее членов имеются меньшие атомные веса. В итоге  $Na=23$ , который на письме Ходнева был поставлен над  $?=14$ , оказался теперь непосредственно под  $Mg=24$ , ибо разница атомных весов равна:  $Mg-Na=1$ .

Далее,  $K=39$  оказался под  $Zn=65$ , а  $Rb=85$  под  $Cd=112$ ; однако здесь уже такого непосредственного примыкания не произошло, а, напротив, образовался довольно большой разрыв в атомных весах, хотя и почти одинаковый по своей величине в обоих случаях:

$$Zn-K=26 \text{ (у Дм. Ив. стоит 27) и } Cd-Rb=27.$$

Если же взять не округленные, а более точные значения атомных весов, то получим  $Zn-K=26,2$  и  $Cd-Rb=26,4$ .

Соответствующие разности в атомных весах записаны на рассматриваемой табличке внизу: 1; 27; 27. Их наличие говорит о том, что когда они делались, то между рядом Mg, Zn и Cd и рядом Na, K, Rb не было еще записано каких-либо других элементов, которые вклинились сюда позднее (см. фотокопию III).

### [Д о п. 12]. Первая неполная табличка элементов. Завершение расшифровки верхней части фотокопии III

(К стр. 52)

В табл. 11 показаны заключительные изменения и дополнения, которые Дм. Ив. произвел в верхней табличке элементов (см. фотокопию III). Сюда относятся:



|         |               |       |               |                      |
|---------|---------------|-------|---------------|----------------------|
|         | Ca=40         | [Ba]  | Sr=87         | Ba=137               |
| F=19    | Cl=35,5       |       | Br=80         | J=127                |
| O=16    | S=36          |       | Se=79         | Te=128               |
| N=14    | P=31          |       | As=75         | Sb=122               |
|         | <sup>13</sup> |       | <sup>12</sup> |                      |
| C=12    | Si=28         |       | Zr=89         | Sn=118 <sup>14</sup> |
| H=1 Be? | ? 18          |       | Cu 63         | Ag=108               |
|         | Mg=24         |       | Zn=65         | Cd=112               |
| Hg 200  | <u>H=1</u>    |       | <i>Cu=63</i>  | <i>Ag=108</i>        |
|         | Li=7          | Na=23 | K=39          | Rb= 85               |
|         |               | 1     | 27            | 27                   |

Таблица 11.

(см. фотокопию III, стр 49).

Завершение верхней таблички; первый перенос группы элементов; наметание 5-го основного и 1-го промежуточного столбца (31 элемент).

«Верхняя табличка».

В квадратные скобки поставлено зачеркнутое; курсивом набрано записанное вторично на новом месте; жирным шрифтом — вписанное вновь; ломаная линия указывает на перенос ртути на соответствующее ей место после серебра.

1) перестановка группы H—Cu строкой ниже, 2) постановка на освободившееся место Be, 3) введение в табличку группы щелочноземельных металлов и 4) добавление Hg. При переносе группы H—Cu обнаружилось, что предполагаемый элемент между H и Cu, которому ранее Дм. Ив. приписал атомный вес ? = 18, не мог бы обладать таким атомным весом, очутившись между Mg=24 и Na=23. Поэтому Дм. Ив. поставил здесь только черту, не пытаясь больше определять его предположительный атомный вес. Очевидно, что при этом Mg=24 и Na=23, сближенные ранее вплотную, должны были раздвинуться вследствие того, что между ними вклинивался какой-то неизвестный аналог H, Cu и Ag. Черта, проведенная Дм. Ив. от H к Cu, должна указывать на необходимость такого «раздвижения» Mg и Na.

Зато Cu=63 чрезвычайно удачно расположилась под Zn=65 и, соответственно, Ag=108 под Cd=112. Было ясно, что здесь металлы непосредственно примкнули друг к другу: Cu к Zn и Ag к Cd. Что же касается ртути, то Дм. Ив. написал с левой стороны в верхней табличке Hg=200 в одном ряду с H, Cu и Ag, а затем сделал знак переноса (в виде длинной дугообразной линии), указывая, что Hg=200 должна перейти на правую сторону таблички и встать в тот же ряд, но после Ag=108.

После обрезания полей (когда Дм. Ив. переплетал 1-ю часть 1-го издания «Основ химии», куда был вклеен данный листок) в символе Hg вся буква H и левая половина буквы g оказались отрезанными, так же как и часть дуговой линии переноса.

Включая в последний момент Hg в свою табличку, Дм. Ив. открыл новый, пятый основной столбец таблицы элементов.

(Кстати: дуговая линия переноса Hg проходит на верхней табличке так, что видно, что она была сделана на бумаге *после* написания даты сверху таблички. В противном случае линия переноса была бы проведена ниже, сразу над Ca=40 и т. д. Тем самым устанавливается, что дата 17 февраля 1869 г. была записана здесь именно в момент составления верхней таблички).

Табл. 12 является сводной. В ней резюмирована работа Дм. Ив. над составлением первой неполной таблички элементов (см. верхнюю часть фотокопии III), как определенного этапа к составлению полной таблицы. Другими словами, в табл. 12 предварительный итог работы Дм. Ив. рассмотрен с точки зрения общей перспективы развертывания данного открытия.

| Ca |     | Sr |  | Ba |    |
|----|-----|----|--|----|----|
| F  | Cl  | Br |  | J  |    |
| O  | S   | Se |  | Te |    |
| N  | P   | As |  | Sb |    |
| C  | Si  | Zr |  | Sn |    |
|    | Be? |    |  |    |    |
|    | Mg  | Zn |  | Cd |    |
| H  | —   | Cu |  | Ag | Hg |
| Li | Na  | K  |  | Rb |    |

Таблица 12  
(см. фотокопию III, стр. 49).

Анализ верхней таблички из 5 основных столбцов и одного промежуточного. Начало оформления центральной части системы (31 элемент). В рамку заключена центральная часть системы; петитом набраны элементы, не вставшие еще на свои места.

В прямоугольник (см. табл. 12) заключена центральная часть будущей системы элементов, состоящая из семи строк, или групп. За пределами этой центральной части здесь пока остались только две, правда очень важные, группы металлов — щелочных (снизу) и щелочноземельных (сверху). Остались они вне центральной части системы потому, что еще не были помещены на свои естественные места, в порядке возрастания атомных весов у их членов.

Если бы группа Na была включена между группой Ca и группой Cl, то и эти обе группы металлов попали бы тогда в центральную (обведенную на табл. 12) часть будущей системы. Это говорит о том, что почти все элементы, которые фигурируют в верхней табличке (кроме четырех: H, Li, Zr и Hg), относятся к числу вошедших в центральную часть будущей системы элементов длинного типа.

Число таких элементов в табл. 12, очевидно, будет равно:  $31 - 4 = 27$ .

Те элементы, которые уже заняли здесь места, оставшиеся за ними до конца дня открытия периодического закона, набраны в табл. 12 крупным шрифтом. Таких элементов оказывается 21. Эти элементы впоследствии войдут в число 27 «бесспорных» элементов, которые при окончательном своем распределении сразу станут на свои места в формирующейся системе элементов [6, 102—103].

Элементы, которые в верхней табличке не заняли еще своих окончательных мест, набраны в табл. 12 петитом. Таких элементов оказывается 10. Таким образом, если в верхнюю табличку попало уже около половины всех элементов, то только одна треть всех элементов (21) оказалась на своем месте. Остальные 10 элементов ожидали дальнейших передвижек и уточнений. Это и было сделано Дм. Ив. при составлении нижней таблички элементов. Поэтому, повторяем, хотя верхняя табличка охватила собою уже 31 элемент, тем не менее нельзя считать, что было сделано уже полдела. По существу это было только самое начало.

### [Д о п. 13]. Расширение первоначально составленной таблички. Начало расшифровки нижней части фотокопии III

(К стр. 55)

Переходя к расшифровке нижней таблички элементов, представленной на фотокопии III, заметим, что при изображении записей, сделанных Дм. Ив. в нижней табличке, мы будем отмечать курсивом перестановки, а жирным шрифтом — добавления, которые были в ней сделаны по сравнению с верхней табличкой.

В табл. 13 показан самый начальный момент составления нижней таблички. Приступая к ее составлению, Дм. Ив., по-видимому, записал сначала только одни символы элементов, без указания их атомных весов, о чем свидетельствует самый характер однотипной записи символов элементов и весьма разнотипный способ приписывания им атомных весов.

Когда во второй строчке сверху Дм. Ив. писал Rb, то сначала он поставил было цифру 8 (очевидно, забыв, что он пишет не

атомные веса, а символы элементов), потом он перекрыл ее буквой R.

|           |           |               |           |
|-----------|-----------|---------------|-----------|
|           | <i>Ca</i> | <i>Sr</i>     | <i>Ba</i> |
| <i>Na</i> | <i>K</i>  | [8] <i>Rb</i> | <i>Cs</i> |
| F         | Cl        | Br            | J         |
| O         | S         | Se            | Te        |
| N         | P         | As            | Sb        |
| C         | Si        |               | Sn        |
| Li        |           |               |           |

Таблица 13

(см. фотокопию III, стр. 49).

Начало составления нижней таблички. Перенос группы щелочных металлов на их естественное место (23 элемента).

17 февраля 1869 г.

В квадратные скобки заключено зачеркнутое; курсивом набрано поставленное на новое место; жирным шрифтом — добавленное вновь.

Перенос щелочных металлов в верхнюю часть таблицы позволил дополнительно включить в их группу и Cs, который отсутствовал в верхней табличке. Но зато от группы Na вновь оторвался Li, который остался внизу, под C.

Но теперь Дм. Ив. не стал ставить H=1 между C=12 и Li=7, как это было в верхней табличке; по-видимому, он намеревался на этот раз более строго выдержать принцип распределения групп элементов по величине атомных весов их членов. Очевидно, что по этой же причине Zr оказался снятым с того места между Si и Sn, на котором он стоял в верхней табличке.

Табл. 13 состоит из тех же четырех основных столбцов, из которых первоначально состояла и верхняя табличка. Но, чтобы

|       |                        |                         |               |
|-------|------------------------|-------------------------|---------------|
|       | <i>Ca</i>              | 87 <i>Sr</i>            | <i>Ba</i> 137 |
|       | <sup>40</sup> <i>K</i> | <sup>85</sup> <i>Rb</i> | <i>Cs</i> 133 |
| 23 Na | <sup>39</sup> Cl       | Br                      | J 127         |
| 19 F  | <sup>35</sup> S        | <sup>80</sup> Se        | Te 128        |
| 16 O  | <sup>32</sup> P        | <sup>79</sup> As        | Sb=122        |
| 14 N  | <sup>31</sup> Si       | <sup>75</sup>           | Sn=118        |
| 12 C  | <sup>28</sup>          |                         |               |
| 7 Li  |                        |                         |               |

Таблица 14

(см. фотокопию III, стр. 49).

Дописывание столбцами атомных весов к символам элементов, внесенных в нижнюю табличку (23 элемента).

Петитом и непарелью набраны числа, написанные в оригинале более мелкими цифрами.

Li мог воссоединиться с остальными щелочными металлами, необходимо было открыть новый столбец перед столбцом, состоящим из Na, F, O, N и т. д. До этого дело сейчас еще не дошло, но уже приближалось к этому.

В табл. 14 показана последовательность записи значений атомных весов в нижней табличке<sup>1</sup>. Можно предположить, что сначала были записаны столбцом атомные веса в первом столбце от Na до Li:

23 19 16 14 12 7.

Записывались все они одинаковым образом, все слева от символа и все (кроме числа «23» у Na) на уровне символа элемента; только у Na число «23» оказалось записанным немного ниже символа. Все цифры были одинакового размера (средние по своей величине: ни мелкие, ни крупные).

Затем уже совершенно по-другому были записаны атомные веса у членов следующего, второго, столбца от Ca до Si:

40 39 35 32 31 28.

В этом случае цифры во всех случаях записывались слева снизу от символа, как обычно пишутся индексы, причем у Si вторая цифра 8 частично оказалась под первой буквой его символа S. Цифры все здесь тоже одинакового размера, но более мелкие, чем в первом случае, как это и полагается для индексов.

Немного вразнобой записаны атомные веса в следующем, третьем, столбце от Sr до As:

87 85 80 79 75.

Все числа, кроме числа 85 у Rb, записаны также слева от символов элементов. У Rb число 85 записано справа вверху, где ставится степень. У Sr число 87 записано слева, крупно и почти в строчку с символом элемента. Дальнейшие записи сделаны мелкими цифрами слева снизу от символа с постепенным заходом под символ элемента: у Se вторая цифра 9 оказалась под заглавной буквой его символа S, а у As не только вторая цифра 5, но и часть первой цифры 7 зашли под его заглавную букву A.

Наконец, в последнем столбце от Ba до Sn все числа написаны опять по-другому:

137 133 127 128 122 118.

Все они записаны здесь справа от символов элементов крупными цифрами, в строку с символами, как это делал Дм. Ив. в верхней табличке. Первые три числа написаны сразу после сим-

<sup>1</sup> На фотокопии III все цифры, независимо от того, где они записаны, означают величины атомных весов.

волов элементов, четвертое (128) на некотором расстоянии от символа элемента (Te), а последние два соединяются с символами элементов знаком равенства.

[Д о п. 14]. Попытки дальнейшего расширения таблички элементов и обнаружение непригодности табличного приема составления их полной системы.

### Завершение расшифровки фотокопии III

(К стр. 56)

В табл. 15 представлены дальнейшие изменения и дополнения в строящейся нижней табличке (см. фотокопию III). Прежде всего они касаются двух групп металлов — группы Mg и группы Cu, в которую Дм. Ив. стал уже включать H. Обе группы подверглись перестановке по сравнению с верхней табличкой (ср. табл. 15 с табл. 11). При этом Дм. Ив. сделал попытку воссоединить Mg с группой щелочноземельных металлов, поставив его перед Ca<sub>40</sub> и над Na<sub>23</sub>. Но при этом, как уже отмечалось выше, разрушалась незадолго до того сформированная новая группа Mg, Zn, Cd. Поэтому, Дм. Ив. поставил Mg перед Ca с вопросительным знаком.

|    |        |               |               |        |
|----|--------|---------------|---------------|--------|
|    | Al 27  | Fe 56         | Ce 92         |        |
|    | [Mg ?] | Ca            | 87Sr          | Ba 137 |
|    |        | <sup>40</sup> | <sup>85</sup> |        |
| 23 | Na     | K             | Rb            | Cs 133 |
|    |        | <sup>39</sup> |               |        |
| 19 | F      | Cl            | Br            | J 127  |
|    |        | <sup>35</sup> | <sup>80</sup> |        |
| 16 | O      | S             | Se            | Te 128 |
|    |        | <sup>32</sup> | <sup>79</sup> |        |
| 14 | N      | P             | As            | Sb=122 |
|    |        | <sup>31</sup> | <sup>75</sup> |        |
| 12 | C      | Si            |               | Sn=118 |
|    |        | <sup>28</sup> |               |        |
| 7  | Li     | Mg            | Zn            | Cd 112 |
|    |        | <sup>24</sup> | <sup>65</sup> |        |
|    | H      | ?             | Cu 63         | Ag 108 |

Таблица 15

(см. фотокопию III, стр. 49).

Попытка достроить нижнюю табличку сверху и снизу (32 элемента).

В квадратные скобки поставлено зачеркнутое; курсивом набрано переставленное на новое место (по сравнению с верхней табличкой); жирным шрифтом отмечено включенное дополнительно (тоже по сравнению с верхней табличкой).

Возможно, что перед тем, как поставить сюда Mg, Дм. Ив. еще выше над Na<sub>11</sub>, поставил Al<sub>27</sub>, как он сделал это в тот же день позднее [6, 107]. В таком случае Mg с атомным весом 24

попадал прямо на пустое место между  $Al_{27}$  и  $Na_{23}$ , примыкая вплотную к тому и другому.

Но Дм. Ив., по-видимому, предпочел не разрушать новой группы, Mg, Zn и Cd, и вычеркнул Mg? с первоначально отведенного ему места перед  $Ca_{40}$  (в табл. 15 это обозначено так, что Mg? поставлен в этом месте в квадратные скобки).

Возникал вопрос: куда же в таком случае следовало поместить всю упомянутую группу Mg, Zn и Cd? Очевидно, что она могла поместиться там же, где она помещалась в верхней табличке, т. е. через строку ниже группы C. Такое записывание группы Mg, Zn и Cd через строку ниже группы C Дм. Ив. практиковал и позднее в тот же день [6, 103, таблица].

Но на первом месте в этой строке (т. е. в первом столбце таблицы) здесь уже оказался Li, оторвавшийся вновь от всей группы щелочных металлов. Поэтому Дм. Ив. попытался снова включить Li в одну группу с Mg, Zn и Cd, как он сделал это уже однажды в записях на ходневском письме. В таком случае под группой Li, Mg, Zn и Cd легко подписывалась группа H и Cu, как это было в верхней табличке, с той разницей, что тогда  $Li=7$  стоял неестественно *под*  $H=1$ , а теперь он оказывался помещенным естественным образом *над* H.

При внесении группы H и Cu в нижнюю табличку  $Cu=63$  была записана сначала далеко направо от  $Zn=65$ , а  $Ag=108$  также был далеко сдвинут в правую сторону от  $Cd=112$ . Знаками переноса Дм. Ив. сблизил  $Cu=63$  с  $Zn=65$  и  $Ag=108$  с  $Cd=112$  (см. фотокопию III).

Вопросительный знак между H и Cu под Mg соответствует черте, поставленной в этом же месте данной группы на верхней табличке.

То, как записывались символы и числа при включении группы H и Cu и группы Mg в нижнюю табличку, говорит о том, что элементы каждой из этих групп записывались в строчку, сразу вместе с их атомными весами, а не столбцами и не отдельно — сначала символы, а затем атомные веса.

На данной ступени составления нижней таблички элементов число столбцов остается все еще равным четырем. Число сопоставленных групп увеличилось с 6 (вначале составления таблички) до 9, а число охваченных элементов — с 23 до 32.

Таким образом, сейчас в нижнюю табличку была включена уже половина всех элементов (на единицу больше, чем их всего вошло в верхнюю табличку). Но в отличие от верхней таблички, где из 31 элемента только 21 элемент занял свои естественные места, здесь число правильно размещенных элементов (т. е. в соответствии с «Опытом системы элементов») достигло уже 28 (кроме Al, Fe, H и Li). Этот момент составления нижней таблички зафиксирован на табл. 15.



|       |               |               |               |               |
|-------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| Al 27 | Fe 56         |               | Ce 92         |               |
|       | Ca            |               | 87 Sr         | Ba 137        |
|       | <sup>40</sup> |               |               | <sup>85</sup> |
| 23 Na | K             |               | Rb            | Cs 133        |
|       | <sup>39</sup> |               |               |               |
| 19 F  | Cl            |               | Br            | J 127         |
|       | <sup>35</sup> |               | <sup>80</sup> |               |
| 16 O  | S             |               | Se            | Te 128        |
|       | <sup>32</sup> |               | <sup>79</sup> |               |
| 14 N  | P             | V             | As            | Sb=122 Bi 210 |
|       | <sup>31</sup> | <sup>51</sup> | <sup>75</sup> |               |
| 12 C  | Si            | Ti            |               | Sn=118 Pt     |
|       | <sup>28</sup> | <sup>50</sup> |               |               |
|       | B             |               |               | Au Mo         |
| 7 Li  | Mg            | In            | Zn            | Cd 112        |
|       | <sup>24</sup> | <sup>36</sup> | <sup>65</sup> |               |
| H     | ?             |               | Cu 63         | Ag 108 Hg     |

Таблица 16

(см фотокопию III, стр 49)

Дальнейшее пополнение новыми элементами нижней таблички. Образование 5-го основного и 1-го промежуточного столбцов (41 элемент). Курсивом набрано переставленное на новое место по сравнению с верхней табличкой; жирным шрифтом — добавленное вновь тоже по сравнению с верхней табличкой

В табл. 16 показан процесс дальнейшего расширения строящейся системы элементов путем занесения новых элементов в нижнюю табличку. Можно предположить, что расширение шло прежде всего путем образования нового, пятого, столбца наподобие того, как это было сделано в верхней табличке путем добавления Hg=200 к группе H и Cu.

Затем расширение таблички шло за счет образования промежуточного столбца между столбцом Fe, Ca и т. д. и столбцом Ce Sr и т. д.

Наконец, табличка расширилась также за счет образования новой группы (строки), занявшей место между группой C и группой Mg, в которой оказался и Li.

Последовательность всех этих добавлений установить, повторяем, довольно трудно. Начнем поэтому условно с образования пятого основного столбца. Несомненно, что этот столбец образовался после того, как к символам элементов были приписаны атомные веса (см. табл. 14), так как в противном случае Bi был бы записан гораздо ближе к Sb, чем на фотокопии III; другими словами, расстояние между Bi и Sb было бы тогда таким же, как и между N и P, P и As, As и Sb. Теперь же оно оказалось в полтора-два раза больше.

Это могло получиться так только в том случае, если Bi 210 заносился в табличку после того, как к Sb было приписано круп-

ным почерком =122. То же касается и Pt, стоящей в ряду C, Si, Sn под Bi.

Следует отметить, что еще в плане «Основ химии» 1868 г. (см. табл. 3 и фотокопию I) Bi был отнесен к одной группе с P, As и Sb (наряду с некоторыми другими трехатомными элементами), а Pt — к одной группе с Si и Sn (наряду с некоторыми другими четырехатомными, или принимаемыми за четырехатомные, элементами). Позднее, в плане 2-й части «Основ химии» (см. табл. 7) Bi по-прежнему оставался в одной группе с P, As и Sb, тогда как Pt уже отделилась от группы C и Si.

Ниже, под Pt, Дм. Ив. подписал Au и Mo, которые в плане 1868 г. оказывались в рядах трехатомных элементов (см. табл. 5). Возможно, что одновременно с включением Au и Mo в пятый столбец Дм. Ив. поместил бор в той же строке в первом столбце. Атомный вес B, равный 11, вполне удовлетворял условию помещения B между C = 12 и Li = 7.

Однако ни для B, ни для Au и Mo, равно как и для Pt, Дм. Ив. не стал уже указывать атомных весов. Но у Mo эквивалент равен 48 (см. табл. 1). Это значит, что Mo не мог стать после Au, атомный вес которого равнялся 197 (см. табл. 1). Значит, здесь Mo поставлен условно, предварительно, возможно лишь для того, чтобы отметить, что Mo должен попасть в образовавшуюся только что группу B—Au.

В дальнейшем, в течение того же дня, Дм. Ив. снова делает попытку включить Pt (но уже с ее аналогами) в группу C, Si, Sn, ставя ее под Bi = 210 [6,117], а Au — в один ряд с B и его аналогами [6, 113, таблица]. Что касается Mo, то в одну группу с B и Au Дм. Ив. его больше не включал.

Наконец, еще ниже, под Au через строчку, Дм. Ив. записал Hg в группе H и Cu, как это было сделано еще в верхней табличке. Очень возможно, что Hg была записана здесь раньше других элементов, попавших в пятый столбец, и даже возможно, что она была записана здесь сразу со всей группой H, Cu и Ag, так как около Hg стоит такой же, только сильно стертый и обрезанный сбоку значок перемещения налево, как у Cu = 63 и Ag = 108. В таком случае образование пятого столбца могло начаться не сверху, а снизу. Во всяком случае, в этом пятом столбце сконцентрировались самые тяжелые элементы, с атомным весом около 200 (кроме упоминавшегося выше Mo).

В табл. 17 отражена заключительная стадия составления нижней таблички (см. фотокопию III). На этой стадии Дм. Ив. подключил Be, поставив его слева от остальных элементов в качестве начального члена вновь образующегося первого столбца; затем ниже Be был поставлен Li в ряду щелочных металлов, а под ним число 3 и знак вопроса, который обозначал гипотетический легчайший галоид. Фигурная скобка, которой Дм. Ив.

|               |                  |                                   |                     |               |
|---------------|------------------|-----------------------------------|---------------------|---------------|
| <i>Be</i>     | Al 27            | Fe 56                             | Ce 92               |               |
|               |                  | <sup>40</sup> Ca                  | 87 Sr <sup>85</sup> | Ba 137        |
| { 7 <i>Li</i> | 23 Na            | K                                 | Rb                  | Cs 133        |
| { 3 ?         | 19 F             | <sup>39</sup> Cl                  | Br                  | J 127         |
|               | 16 O             | <sup>35</sup> S                   | <sup>80</sup> Se    | Te 128        |
|               | 14 N             | <sup>32</sup> P V                 | <sup>79</sup> As    | Sb=122 Bi 210 |
|               | 12 C             | <sup>31</sup> Si <sup>51</sup> Ti | <sup>75</sup>       | Sn=118 Pt     |
|               |                  | <sup>28</sup> <sup>50</sup>       |                     |               |
|               | B                |                                   |                     | Au Mo         |
|               | ? [7 <i>Li</i> ] | Mg In                             | Zn                  | Cd 112        |
|               |                  | <sup>24</sup> <sup>36</sup>       | <sup>65</sup>       |               |
|               | H                | ?                                 | Cu 63               | Ag 108 Hg     |

Таблица 17

(см. фотокопию III, стр. 49).

Завершение нижней таблички. Образование нового столбца из легчайших элементов (42 элемента).

«Нижняя табличка».

В квадратные скобки заключено зачеркнутое; курсивом набрано переставленное на новое место; жирным шрифтом — включенное вновь.

охватил обе группы (и галоидов и щелочных металлов), поставив ее слева от 7 *Li* и 3 ?, оказалась частично обрезанной при переплетании книги, куда Дм. Ив. вклеил листок бумаги с обеими табличками. Возможно, что у скобки было что-нибудь написано, так как отрезанная полоса бумаги была довольно значительной ширины.

Табл. 18 отражает общий итог, полученный в результате работы Дм. Ив. над нижней табличкой элементов (см. фотокопию III). Эта таблица составлена по аналогии с табл. 12 и содержит аналогичный же ей анализ результата работы Дм. Ив. над составлением системы элементов на определенном этапе открытия периодического закона. Прежде всего мы видим, что Дм. Ив. удалось значительно более полно разработать центральную (обведенную в табл. 18) часть таблицы элементов, чем это было сделано при составлении верхней таблички (ср. с табл. 12). Элементы, вновь включенные в нижнюю таблицу по сравнению с верхней, отмечены жирным шрифтом (таких 12); элементы, переставленные по сравнению с верхней, отмечены курсивом (таких 8).

В центральную часть таблицы на свои места попали 28 элементов, и, кроме того, еще 4 элемента оказались временно сюда включенными; позднее Дм. Ив. вынесет их за пределы централь-

|                |           |           |           |           |              |
|----------------|-----------|-----------|-----------|-----------|--------------|
| <i>Be</i>      | <i>Al</i> | <i>Fe</i> | <i>Ce</i> |           |              |
| <i>Li</i><br>? |           | <i>Ca</i> | <i>Sr</i> | <i>Ba</i> |              |
|                | <i>Na</i> | <i>K</i>  | <i>Rb</i> | <i>Cs</i> |              |
|                | <i>F</i>  | <i>Cl</i> | <i>Br</i> | <i>J</i>  |              |
|                | <i>O</i>  | <i>S</i>  | <i>Se</i> | <i>Te</i> |              |
|                | <i>N</i>  | <i>P</i>  | <i>As</i> | <i>Sb</i> | <i>Bi</i>    |
|                | <i>C</i>  | <i>Si</i> | <i>Ti</i> | <i>Sn</i> | <i>Pt</i>    |
|                | <i>B</i>  |           |           |           | <i>Au Mo</i> |
|                | ?         | <i>Mg</i> | <i>In</i> | <i>Zn</i> |              |
|                | <i>H</i>  | ?         | <i>Cu</i> | <i>Ag</i> | <i>Hg</i>    |
|                |           |           |           |           |              |

Таблица 18

(см. фотокопию III, стр 49).

Анализ нижней таблички из 6 основных столбцов и одного промежуточного. Оформление центральной части системы, обведенной рамкой (42 элемента).

Курсивом набрано переставленное по сравнению с верхней табличкой; жирным шрифтом — добавленное вновь по сравнению с ней же.

ной части своей таблицы. Как и в табл. 12, все элементы, которые еще не встали на свои места, отмечены петитом (таких всего 9).

### [Д о п. 15]. Общий итог первого этапа открытия периодического закона.

#### Анализ фотокопий II и III

(К стр. 61)

Попытаемся теперь провести сравнительный анализ трех документов: записей на письме Ходнева (см. фотокопию II) и двух неполных табличек (см. фотокопию III).

В табл. 19 отражено постепенное формирование системы элементов, начиная от первых заметок Дм. Ив. на письме Ходнева и кончая последней записью в нижней табличке. Сравнительный анализ состоит в сопоставлении записей, сделанных Дм. Ив. на письме Ходнева (первый столбец), затем — в верхней табличке (следующие три столбца) и в нижней табличке (последние четыре столбца). Цифры вверху обозначают номера таблиц, отражающих последовательные этапы составления верхней и нижней табличек.

Сравнительный анализ проводится по трем пунктам: 1) по числу сопоставленных групп в табличках, 2) по числу сформировавшихся столбцов основных (периодов) и промежуточных

|                                                | Письмо<br>Ходнева | Верхняя<br>табличка |    |     | Нижняя табличка |    |    |    |
|------------------------------------------------|-------------------|---------------------|----|-----|-----------------|----|----|----|
|                                                |                   | №№ таблиц           |    |     |                 |    |    |    |
|                                                |                   | 8 а                 | 9  | 10  | 11              | 13 | 15 | 16 |
| Число всех сопоставленных групп . . . . .      | 2                 | 4                   | 7  | 8   | 6               | 9  | 10 | 10 |
| Из них представленных в будущих малых периодах | 2                 | 3                   | 5  | 6   | 6               | 6  | 7  | 7  |
| Число столбцов<br>основных . . . . .           | 4                 | 4                   | 4  | 5   | 4               | 4  | 5  | 6  |
| промежуточных . . . . .                        | —                 | —                   | —  | (1) | —               | —  | 1  | 1  |
| Общее число элементов . .                      | 8                 | 15                  | 26 | 31  | 23              | 32 | 41 | 42 |
| Из них:                                        |                   |                     |    |     |                 |    |    |    |
| заявивших свои места . .                       | —                 | 12                  | 18 | 21  | 22              | 28 | 32 | 32 |
| подлежавших перестановке . . . . .             | 8                 | 3                   | 8  | 10  | 1               | 4  | 9  | 10 |

Таблица 19

Сравнительный анализ хода составления двух табличек элементов.

Рост общего числа входящих в нее элементов, группы и столбцов.

В скобки поставлено то, что в действительности не было образованием промежуточного столбца.

(будущих четных рядов) и 3) по общему числу охваченных элементов с подразделением на те, которые уже заняли свои окончательные места в системе, и на те, которые в дальнейшем подлежали перестановке на свои окончательные места. Под окончательными местами здесь, как и везде, понимаются те места, которые элементы заняли в «Опыте системы элементов», отосланном Дм. Ив. в типографию 17 февраля 1869 г.

Из табл. 19 явствует, что число сопоставленных групп неуклонно росло от двух (в заметках на письме Ходнева) до 8 (в верхней табличке) и до 10 (в нижней).

Сопоставление групп по величине атомных весов их членов было и оставалось все время основной операцией, которую производил Дм. Ив. на всех этапах формирования системы элементов. Уменьшение числа сопоставленных групп при переходе от верхней таблички (где их было уже 8) к нижней (где их на первых порах оказалось всего 6) объясняется тем, что сначала в нижнюю табличку были перенесены не все группы из верхней таблички, а только часть их; при этом главное внимание было обращено на правильность размещения двух групп — щелочных и щелочноземельных металлов, которые в верхней табличке были размещены неправильно.

Среди десяти групп нижней таблички имеются уже все семь основных групп, которые впоследствии образовали собою малые периоды в системе элементов, т. е. группа Li и Na, группа Mg, группа В, группа С, группа N, группа О и группа F и Cl, причем уже в той же последовательности, но лишь в обратном порядке.

Таким образом, первые контуры малых периодов уже определились в нижней табличке.

В верхней же табличке из этих семи названных групп были представлены только шесть, и их порядок соответствует приведенному выше только для четырех групп. Переход от верхней таблички к нижней как раз и был начат с того, чтобы правильно разместить шесть главных групп, которые в верхней табличке не были расположены в их естественной последовательности, т. е. не были расположены по величине атомных весов их членов.

Исходное число столбцов во всех трех случаях (заметки на письме Ходнева и обе таблички) одинаково и равно четырем. В это число входят в основном оба будущих малых периода и первых два, тоже будущих, больших периода (только без их середины).

Таким образом, уже в записях Дм. Ив. на письме Ходнева были зародыши будущих четырех периодов системы элементов; в дальнейшем эти зародыши неуклонно росли по мере того, как прибавлялись в таблице все новые и новые группы, а тем самым достраивались оба малых периода; в отношении же больших периодов происходило пока что формирование обоих их краев. Кульминационного пункта этот процесс формирования основы периодической системы элементов достиг в нижней табличке.

Вслед за тем уже в верхней табличке намечилось зарождение еще одного большого периода, включающего наиболее тяжелые элементы; но на этот раз его формирование началось не с края, как в предыдущих случаях, а с середины будущего большого периода, куда относится Hg.

В нижней табличке этот пятый период (столбец) включил в себя уже четыре элемента (кроме Mo), причем один из них (Bi) относится к концу большого периода, а остальные три (Pt, Au, Hg) — к его середине.

Таким образом, в нижней табличке число формировавшихся больших периодов достигло уже трех. Кроме того, выделился еще один период, куда были отнесены сначала Li и Be, а впоследствии — Li и H; еще позже, при формировании короткой таблицы элементов, в этом ряду остался один H.

Что касается промежуточных столбцов, то в верхней табличке они по сути дела отсутствуют, ибо помещение Be? между

первым и вторым столбцами было неправильным. В нижней же табличке ясно определился первый промежуточный столбец, который включил в себя часть элементов из середины будущего первого большого периода (V, Ti). Но дальше этого дело здесь не пошло. Другие элементы из середины больших периодов (Fe, Cu и Zn из середины будущего первого большого периода, Ag и Cd — из середины будущего второго большого периода) попадали в основные столбцы.

Наконец, следует отметить, что в ходе формирования системы элементов постепенно, но неуклонно, росло общее число охваченных таблицей элементов: от 8 (в заметках внизу на письме Ходнева) до 31 (в верхней табличке) и до 42 (в нижней табличке).

При этом особенно важно отметить, что все время повышалась доля элементов, занявших свои окончательные места: от 0 (в первом случае) до 21, составляющих более двух третей от всех включенных в верхнюю табличку элементов (во втором случае) и до 32, составляющих более трех четвертей от всех включенных в нижнюю табличку элементов (в третьем случае); соответственно этому уменьшалась доля тех элементов, которые стали не на свои места в той или иной табличке и в дальнейшем подлежали перестановке на другие места.

Соотношение числа элементов, уже ставших и еще не ставших на свои места, может служить показателем не только количественного расширения таблицы элементов в ходе ее формирования, но и характеристики ее с качественной стороны, в смысле приближения к ее окончательному виду, т.е. к «Опыту системы элементов». Но хотя это соотношение изменилось в лучшую сторону при переходе от верхней таблицы (где оно было 2 : 1) к нижней (где оно стало 3 : 1), тем не менее абсолютное число элементов, стоявших еще не на своих местах, в нижней табличке осталось тем же, как и в верхней (равным 10).

Табл. 20 показывает, как постепенно в тех же трех записях (на письме Ходнева и в обеих табличках) шло формирование таблицы элементов, но уже не всей в целом, а лишь в ее центральной части.

В окончательном виде, т. е. в «Опыте системы элементов», эта центральная часть системы включила в себя 31 элемент.

В заметках внизу на письме Ходнева из этой центральной части фигурируют 7 элементов (кроме Li), но их расположение везде дано неверно.

В верхней табличке их число выросло до 27, причем 20 из них заняли свои окончательные места; следовательно, до полной достройки центральной части системы осталось включить в табличку только 4 элемента (B, Al, Uг и Cs), а 7 элементов переставить (Na, K и Rb; Ca, Sr и Ba; Be).



|                                                                      | Письмо<br>Ходнева | Верхняя<br>табличка | Нижняя табличка |    |    |    |    |    |    |    |
|----------------------------------------------------------------------|-------------------|---------------------|-----------------|----|----|----|----|----|----|----|
|                                                                      |                   |                     | №№ таблиц       |    |    |    |    |    |    |    |
|                                                                      |                   |                     | 8а              | 9  | 10 | 11 | 13 | 15 | 16 | 17 |
| Общее число элементов центральной части таблицы                      | 7                 | 14                  | 23              | 27 | 22 | 28 | 29 | 30 |    |    |
| Из них:                                                              |                   |                     |                 |    |    |    |    |    |    |    |
| заявивших свои места . . .                                           | —                 | 12                  | 18              | 20 | 22 | 27 | 28 | 28 |    |    |
| подлежащих перестановке                                              | 7                 | 2                   | 5               | 7  | —  | 1  | 1  | 2  |    |    |
| Число элементов, подлежащих удалению из центральной части таблицы    | 1                 | 1                   | 2               | 2  | 1  | 5  | 5  | 4  |    |    |
| Число элементов центральной части, ожидавших включения в таблицу . . | 24                | 17                  | 8               | 4  | 9  | 3  | 2  | 1  |    |    |

Таблица 20

Сравнительный анализ хода образования центральной части системы при составлении двух табличек элементов.

В нижней табличке оказалось уже 30 элементов из центральной части системы, т. е. все, кроме одного (Ur), причем только два из них требовали перестановки (Be и Al), а остальные 28 заняли свои места.

Показателем поспешенной доработки центральной части будущей системы элементов служит также весьма небольшое возрастание числа элементов, случайно записанных в этой (центральной) части и подлежавших удалению из нее. Это — H и Zr в верхней табличке и H, V, Ti и In — в нижней.

С образованием нового первого столбца (Li — Be) было естественно переместить H ниже Li, что и сделал позднее Дм. Ив.

В результате составления нижней таблички центральная часть будущей системы элементов сформировалась почти уже полностью. Здесь оставалась лишь самая незначительная доделка.

Что же касается «окраин», куда должны были попасть все менее изученные элементы, то здесь дело обстояло несравненно хуже. Из 32 элементов, составивших периферию будущей системы, в верхней табличке присутствуют только четыре (H, Li, Zr и Hg), из которых лишь одна Hg стала на свое место; в нижней табличке их также еще очень мало, всего 12, из которых только четыре (Ce, Bi, Au и Hg) заняли свои места, причем Ce занял его еще не прочно.

Поэтому можно считать, что в обеих рассмотренных табличках по сути дела шло формирование еще не всей системы элементов в целом, а только ее центральной части. Периферия же ее осталась не только не заполненной, но даже почти не намеченной. Между тем все главные трудности при создании системы элементов лежали не в ее центральной части, а на ее «окраинах».

## ДОПОЛНЕНИЯ К ГЛАВЕ III

### [Д о п. 16]. Уточнение списка атомных весов. Расшифровка фотокопии IIIa

(К стр. 72)

Список атомных весов, изображенный на фотокопии IIIa, составлен от руки на полях 1-й части «Основ химии», входящей в личную библиотеку Дм. Ив. (т. 1009, стр. 69—73). Этот список, по всем данным, был составлен в непосредственной связи с приведенными выше двумя табличками элементов (см. фотокопию III), и это подтверждается следующим фактом: листок с обеими таблицами Дм. Ив. вклеил в тот же том своей личной библиотеки, как раз против той страницы (стр. 69), на которой сделаны первые карандашные записи уточненных атомных весов. Эти записи даже отпечатались на правом краю листка бумаги с табличками (см. фотокопию III).

Это служит прямым указанием на то, что записи табличек элементов, сделанные на вклеенном листке бумаги, и записи атомных весов, сделанные в напечатанном списке элементов на полях «Основ химии», находятся в прямой связи между собой и сделаны одновременно; точнее сказать, сначала был заполнен вклеенный перед списком элементов листок бумаги, а затем были сделаны записи на полях следующих за этим листком страниц «Основ химии».

Но еще более убедительный довод в пользу такого допущения дает сравнительный анализ величин атомных весов в обеих табличках, в списке элементов и в последующей затем полной черновой таблице элементов, как об этом будет сказано ниже (см. [доп. 55 и 56]).

Табл. 21 представляет собой расшифровку рукописных записей, сделанных Дм. Ив. на полях списка элементов («простых тел») в 1-й части «Основ химии». Здесь прямым жирным шрифтом обозначена карандашная запись, а курсивным светлым — запись, сделанная чернилами. Изменения, которые Дм. Ив. произвел по сравнению с табл. 1 [доп. 3], сводятся к следующим.

|      |    |             |    |        |    |       |                  |
|------|----|-------------|----|--------|----|-------|------------------|
| ПАЙ  |    | 58,8        | Co | 24     | Mg | 122   | Sb               |
|      |    | <b>52,2</b> | Cr | 55     | Mn | 79,4  | Se               |
| 108  | Ag | 133?        | Cs | 96     | Mo | 28    | Si               |
| 27,4 | Al | 63,4        | Cu |        | N  | 118   | Sn               |
| 75   | As |             | Di | 23     | Na | 87?   | Sr               |
| 197  | Au |             | Er |        | Nb |       | Ta               |
| 11   | B  | 19?         | F  | 58,8   | Ni | 128   | Te               |
| 137  | Ba |             |    |        | O  | 50?   | Ti               |
| 9,3? | Be | 56          | Fe | 199    | Os |       | Th               |
|      |    |             | H  | 31     | P  | 204   | Tl               |
| 210  | Bi | 200         | Hg | 207    | Pb | 120?  | Ur               |
| 80   | Br | 127         | J  |        |    | 51    | Va               |
|      |    | 72          | In | 106,6  | Pd | Роско |                  |
| 12   | C  | [36?]       |    |        |    | 184   | Wo               |
| 40   | Ca |             |    | 197,4  | Pt |       | Y                |
| 20?  |    | 198         | Ir | 85,4   | Rb | 65,2  | Zn               |
|      | Ce | 39,1        | K  | 104,4  | Rh | 89,6  | Zr               |
| 112  | Cd |             | La | 104,4? | Ru |       | ZrO <sub>2</sub> |
|      | Cl | 7           | Li | 32     | S  |       |                  |

Таблица 21

(см. фотокопию IIIa, стр. 65—69).

Список уточненных атомных весов элементов.

«Новый список». 17 февраля 1869 г.

Прямым жирным шрифтом набрано вписанное карандашом в печатный текст «Основ химии»; жирным курсивом — вписанное туда же чернилами; в квадратные скобки заключено зачеркнутое.

Прежде всего он удвоил эквиваленты у 13 элементов: у Al, Be, Ca, Cd, In, Ir, Mo, Os, Pd, Rh, Ru, Ur и Wo. Из этого числа Дм. Ив. у Ca, кроме удвоенного (40), оставил еще под знаком вопроса эквивалентный вес (20?), а у In сначала записал эквивалент под знаком вопроса (36?), а затем зачеркнул его и записал удвоенный вес (72), что отмечено заключением числа 36? в квадратные скобки. Из этого можно заключить, что запись 72 [36?] In была сделана *позднее*, чем запись в нижней табличке (In 36) при помещении In между Mg и Zn.

У Be в списке атомных весов оказалось число 9,3?, т. е. такое, как если бы Be считался в это время не трех-, а двуатомным элементом. Однако, вероятно, число 9,3? получилось для Be потому, что все эквивалентные веса, встречающиеся в табл. 1, Дм. Ив. либо автоматически удвоил, либо не записал совсем в новый список атомных весов (см. табл. 21). Ни в одном случае Дм. Ив. не оставил прежнего эквивалентного веса, и ни в одном случае он его не утраивал. В дальнейшем, при уточнении атом-

ного веса Ве, Дм. Ив. мог пересчитать его на 14, исходя из признания трехатомности Ве.

Следует отметить, что в новом списке атомных весов (табл. 21) Дм. Ив. поставил вопросительные знаки, кроме уже отмеченных случаев (40 Са 20?; 72 [36?] In; 9,3? Ве), еще у пяти элементов: у Cs (133?), F (19?), Sr (87?), Ti (50?) и Uг (120?). Смысл этих пяти вопросительных знаков не вполне ясен. Кроме того, в двух случаях Дм. Ив. записал около атомного веса элемента и состав окисла данного элемента, указывающий на его атомность ( $Al_2O_3$  и  $ZrO_2$ ).

Представляет интерес выяснить, к каким элементам в списке атомных весов не было ничего приписано.

Эти, оставшиеся без атомных весов, элементы можно разделить на две категории. В первую вошли те из них, которые были изложены в 1-й части «Основ химии» (H, O, N и Cl). Можно думать, что Дм. Ив. начал писать карточки элементов еще до составления общего списка уточненных атомных весов.

Следуя тому порядку, в каком элементы описывались в части I «Основ химии», он, возможно, написал сначала карточку для H=1, занеся в нее (по данным гл. 5) коренные свойства H. Затем он написал карточку для O=16, занеся в нее (по данным гл. 6) коренные свойства O. Далее он написал карточку для N=14, занеся в нее (по данным гл. 11) коренные свойства N.

До сих пор Дм. Ив. заносил атомные веса сразу на карточки, минуя общий список элементов. Затем следовал C, атомный вес которого в главе 10 (см. табл. 1) был определен неправильно: C=6, а не C=12. Возможно, по этой причине Дм. Ив. записал в общем списке элементов против символа C его истинный атомный вес (12).

Далее следовал Cl=35,5, и его карточку Дм. Ив. снова заполнил непосредственно, занеся в нее коренные свойства Cl (по данным гл. 21), и не записал в общем списке элементов его атомный вес. В итоге у перечисленных четырех элементов (H, O, N и Cl) не оказалось записей их атомных весов.

Подобным образом можно, тоже, конечно, только предположительно, объяснить, почему в списке всех элементов отсугсгвуют данные об атомных весах некоторых из них (см. фотокопию IIIa).

В дальнейшем (начиная с F, Br, J и т. д.) Дм. Ив. стал записывать атомные веса в общий список элементов, но опустил их для шести редких и малоизученных элементов (Di, Er, La, Nb, Ta и Th.) и еще для двух редких элементов тех же семейств (Ce и Yt).

Очень важно отметить, что, в отличие от записей в обеих предыдущих табличках (см. фотокопию III), Дм. Ив. заносит в общий список элементов не округленные (до целых единиц)

значения атомных весов, а более точные их значения, уточненные до первого знака после запятой.

Так, он записывает 27,4 вместо 27 для Al; 63,4 вместо 63 для Cu; 39,1 вместо 39 для K; 85,4 вместо 85 для Rb; 79,4 вместо 79 для Se; 65,2 вместо 65 для Zn; 89,6 вместо 89 для Zr. Для Va, атомный вес которого ранее принимался за 68,6 (см. табл. 1), Дм. Ив. записал более точное значение (51), в соответствии с данными Роско.

### [Д о п. 17]. О карточках элементов для «пасьянса»

(К стр. 75)

Карточки такого примерно вида, как они составлены предположительно нами, приводит в своей брошюре В. Я. Курбатов. Однако он включает в них почему-то только формулы соединений, причем без указания на их физические свойства и растворимость в воде. Автор пишет:

«Чтобы найти порядок и закон, связывающий свойства известных тогда шестидесяти элементов, Дмитрий Иванович выписал на отдельных карточках названия каждого элемента, свойства его и его соединений, основные химические свойства и особенно формулы соединений.

|                                                                                                                                    |                                                                                                              |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $\text{Na} = 23$<br>$\text{NaCl}; \text{NaOH}; \text{Na}_2\text{Q}$<br>$\text{Na}_2\text{SO}_4; \text{Na}_2\text{CO}_3$            | $\text{Mg} = 24$<br>$\text{MgCl}_2; \text{MgO}; \text{MgCO}_3$<br>$\text{MgSO}_4; \text{MgNH}_4\text{PO}_4$  |
| $\text{K} = 39$<br>$\text{KCl}; \text{KOH}; \text{K}_2\text{O}$<br>$\text{KNO}_3; \text{K}_2\text{PtCl}_6; \text{K}_2\text{SiF}_6$ | $\text{Ca} = 40$<br>$\text{CaSO}_4; \text{CaO}; \text{CaCO}_3$<br>$\text{CaCl}_2; \text{CaO}; \text{CaCO}_3$ |
| $\text{Cu} = 63$<br>$\text{CuX}; \text{CuX}; \text{CuH}$<br>$\text{Cu}_2\text{O}; \text{CuO}$<br>$\text{CuKCy}_2$                  | $\text{Zn} = 65$<br>$\text{ZnCl}_2; \text{ZnO}; \text{ZnCO}_3$<br>$\text{ZnSO}_4; \text{ZnEt}_2$             |

Сначала он подобрал колонки (группы) из элементов, образующих одинаковые по формулам соединения с кислородом. Затем колонки распределил по порядку атомных весов.

Оказалось, что если столбцы, названные им «группами», расположены друг под другом по порядку среднего атомного веса элементов данного столбца, то получается сходство свойств в группах и различие свойств, если идти по порядку атомного веса, по горизонталям, то есть, как он их назвал, по «периодам».

Однако больше десятка элементов из шестидесяти известных в то время не соответствовали этим закономерностям»<sup>1</sup>.

В этом рассуждении много неточностей. Во-первых, общее число известных в то время элементов было не 60, а 63; во-вторых, Дм. Ив. располагал группы не колонками (т. е. не вертикальными столбцами), а строками, т. е. горизонтальными рядами (кстати, автор сам себе противоречит, когда далее утверждает, что группы «располагались друг *под* другом», следовательно, не вертикально, а горизонтально); в-третьих, нигде не имеется указания на то, что будто группы Дм. Ив. располагал «по порядку среднего атомного веса элементов данного столбца», это просто домысел автора; в-четвертых, в действительности лишь в октябре 1869 г. Дм. Ив. «подбирал колонки» из элементов, дающих одинаковые окислы, с тем, чтобы потом распределить их по порядку атомных весов, так как тогда он впервые обратил внимание на сходство элементов по «форме» (по составу) их высших солеобразующих окислов. Поэтому в феврале 1869 г. он еще нигде не ставил Си в один ряд со щелочными металлами, а Са в один ряд с Zn, как это получается у автора.

В брошюре В. Я. Курбатова имеются и другие неточности, о которых мы скажем ниже. Но при всех этих неточностях в приведенных высказываниях В. Я. Курбатова имеется одна очень важная и очень правильная мысль, хотя и выраженная крайне неудачно. Эта мысль состоит в том, что Дм. Ив. сначала составлял группы по общности их химических свойств, в том числе и атомности (но главным образом по водороду), а уже после этого сопоставлял между собой группы по порядку атомных весов их членов. Эта мысль, подтвержденная всеми свидетельствами и всеми архивными материалами, ставится ныне под сомнение, как об этом подробно будет сказано ниже. Поэтому следует поддержать В. Я. Курбатова в вопросе о том, какова была главная, магистральная линия в ходе открытия периодического закона.

**[Д о п 18]. Отражение в записях на бумаге порядка  
раскладывания «пасьянса»**

(К стр. 80)

Это делалось, вероятно, так: на листе бумаги Дм. Ив. записывал символ данного элемента в том месте, где в данный момент лежала его карточка. Если же его карточка лежала в соответствующей кучке карточек и не была еще включена в

---

<sup>1</sup> В. Я. Курбатов, Менделеев, Детгиз, серия «Школьная библиотека», Л. 1954, стр. 71—72.

«пасьянс», символ данного элемента записывался на полях того же самого листа бумаги в списке элементов, ждущих своей очереди. Если же карточка была уже включена в «пасьянс», то символ данного элемента записывался в середине того же листа бумаги, т. е. там, где находилась сама таблица элементов.

Когда Дм. Ив. брал новую карточку из кучки и клал ее в свой «пасьянс», то в записях на листе бумаги это отражалось так: символ данного элемента вычеркивался из списка на полях листа бумаги и вписывался на соответствующее место в таблице.

Когда же Дм. Ив. переставлял с одного места на другое уже включенную в «пасьянс» карточку, то символ данного элемента вычеркивался с прежнего места в таблице и записывался на другом месте, куда была переложена карточка.

Таким образом, в каждый данный момент символ каждого элемента, как правило, должен был быть записан на листе бумаги только в одном месте, а именно в том, где лежала в этот момент его карточка. Поэтому здесь не могло повториться такое положение, когда несколько элементов (H, ?=18, Cu, Ag) были записаны сразу в двух местах, как это получилось у Дм. Ив. в верхней табличке (см. фотокопию III).

**[Д о п. 19]. Воспроизведение в «пасьянсе» результатов, полученных при составлении неполных табличек элементов**

*(К стр. 80)*

Забегаая несколько вперед, заметим, что Дм. Ив. почти без изменения перенес в свой общий «пасьянс» (см. фотокопию IV) значительную часть нижней неполной таблички (см. фотокопию III). При этом из 42 элементов, входивших в нижнюю табличку, 33 заняли окончательно те места, которые они занимали в нижней табличке. Эти элементы в табл. 21а заключены в рамки из сплошных линий. Из них 27 элементов стали сразу на свои окончательные места (они указаны без звездочек). Это те элементы, которые мы называли «бесспорными»; их карточки составили первую кучку. Другие 6 элементов сначала были записаны на полях, а затем были перенесены в самую таблицу. Они отмечены звездочками. Из них 4 вошли во вторую кучку «легких элементов».

Из остальных 9 элементов, входивших в нижнюю табличку, 6 временно были поставлены в «пасьянс», сначала на те места, которые они занимали в нижней табличке, а затем были перенесены на другие места, где они и остались до конца «пасьянса». В табл. 21а они заключены в рамки из пунктирных линий. Из них 3 элемента были первоначально записаны на полях таб-



лицы; они отмечены звездочками. Из этих 6 элементов 5 входили во вторую кучку «легких элементов».

|     |     |     |     |     |    |     |
|-----|-----|-----|-----|-----|----|-----|
| Be* | Al* | Fe* | Ce* |     |    |     |
|     |     | Ca* | Sr* | Ba* |    |     |
| Li  | Na  | K   | Rb  | Cs  |    |     |
|     | F   | Cl  | Br  | J   |    |     |
|     | O   | S   | Se  | Te  |    |     |
|     | N   | P   | V   | As  | Sb | Bi  |
|     | C   | Si  | Ti  |     | Sn | Pt* |
|     | B*  |     |     |     |    | Au* |
|     |     | Mg  | In* | Zn  | Cd | Mo* |
| H   |     |     |     | Cu  | Ag | Hg  |

Таблица 21a

(см. фотокопию IV, стр. 78—79).

Перенос основной части нижней неполной таблички элементов в общий «пасьянс» всех элементов.

В рамки из сплошных линий заключены элементы, которые в конце «пасьянса» заняли те же места, что и в нижней табличке; в рамки из пунктирных линий заключены элементы, которые сначала были поставлены в «пасьянс» на те же места, что и в нижней табличке, но затем были перенесены на другие места; звездочками отмечены элементы, которые первоначально были записаны на полях черновой таблицы.

Наконец, последние 3 элемента из числа входивших в нижнюю табличку вообще не ставились в «пасьянс» в точности на те самые места, какие они занимали в нижней табличке. В табл. 21a они приведены без рамок. Однако все же в «пасьянс» они

ставились вблизи от тех мест, какие они занимали в нижней табличке. Так, Fe (из второй кучки) был первоначально поставлен рядом с Al, а In — рядом с Zn, как это в обоих случаях было в нижней табличке, хотя и немного иначе (ср. фотокопии III и IV). Что же касается Mo, то он в нижней табличке был подключен к ряду трехатомных элементов В — Au, куда позднее в ходе «химического пасьянса» был включен Cr и откуда затем Cr был перенесен ниже, с тем чтобы он мог образовать особый ряд вместе с Mo и W.

[Д о п. 20]. Размещение первых элементов в полной таблице элементов.

### Начало расшифровки фотокопии IV

(К стр. 80)

Табл. 22 показывает размещение первых 27 элементов («бесспорных») в полной системе элементов, строящейся с помощью «пасьянса». Помещение в «пасьянс» первых двух групп элементов — галоидов и щелочных металлов — было произведено согласно выделению этих групп фигурной скобкой в нижней табличке. Но поскольку сейчас Дм. Ив. заносил на карточки лишь известные элементы, то под Li=7 не могла появиться карточка гипотетического галоида ?=3.

|      |       |         |         |        |        |
|------|-------|---------|---------|--------|--------|
| Li 7 | Na 23 | K 39    | Rb 85,4 | Cs 133 |        |
|      | F 19  | Cl 35,5 | Br 80   | J 127  |        |
|      | O 16  | S 32    | Se 79,4 | Te 128 |        |
|      | N 14  | P 31    | As 75   | Sb 122 | Bi 210 |
|      | C 12  | Si 28   |         | Sn 118 |        |
|      |       | Mg 24   | Zn 65,2 | Cd 112 |        |
|      |       |         | Cu 63,4 | Ag 108 | Hg 200 |

### Таблица 22<sup>5</sup>

(см. фотокопию IV, стр. 78—79).

Размещение карточек «ясных» элементов из 1-й кучки (27 элементов).  
17 февраля 1869 г.

Вопросительные знаки на данном этапе открытия периодического закона относились либо к значению атомного веса, если оно вызывало сомнение, либо к расположению элемента на данном месте таблицы в данной группе, если не было уверенности в том, что такое его расположение правильно.

Может вызвать недоумение, почему Дм. Ив. не включил сразу в таблицу вместе с ясными элементами и группу щелочно-земельных металлов, хотя они уже заняли свои места в нижней табличке. Объясняется это, вероятно, тем, что у Дм. Ив. оста-

валось еще сомнение в правильности их атомных весов, которое он выразил при написании третьей главы 2-й части «Основ химии».

Хотя принятие атомных весов, равных удвоенным эквивалентам Ca, Sr и Ba, было, казалось бы, достаточно уже обоснованным, тем не менее Дм. Ив. решил еще раз, перед окончательным решением вопроса, испробовать сначала их эквиваленты: не подойдут ли они лучше к определению места Ca, Sr и Ba в системе, нежели их удвоенные значения.

Не случайно поэтому в списке элементов Дм. Ив. у Ca написал сбоку число 40, а снизу — число 20?, а у атомного веса Sr поставил знак вопроса: «87?».

Но если воспользоваться эквивалентными весами Ca, Sr и Ba, то эти элементы надо поместить уже не вверху таблицы, т. е. не над K, Rb и Cs, а внизу, под Mg и Cu. Поэтому их карточки следовало отнести во вторую кучку, что и сделал Дм. Ив.

Табл. 22 отражает начальный момент раскладывания «паясы», т. е. составления полной таблицы элементов. Ради экономии места мы дальше будем опускать знак равенства в таблицах.

Надо теплємкость Ca Ba Sr

|                                                   |       |         |        |         |  |        |  |               |  |
|---------------------------------------------------|-------|---------|--------|---------|--|--------|--|---------------|--|
| CoNi 58,8                                         |       |         |        |         |  |        |  |               |  |
| Al 27,4                                           |       | Fe 56   |        |         |  |        |  |               |  |
| Li 7                                              | Na 23 | K 39    |        | Rb 85,4 |  | Cs 133 |  |               |  |
|                                                   | F 19  | Cl 35,5 |        | Br 80   |  | J 127  |  |               |  |
|                                                   | O 16  | S 32    |        | Se 79,4 |  | Te 128 |  |               |  |
|                                                   | N 14  | P 31    |        | V 51    |  | As 75  |  | Sb 122 Bi 210 |  |
|                                                   | C 12  | Si 28   |        | Ti 50   |  |        |  |               |  |
|                                                   | B 11  |         |        | Cr 52,2 |  | Sn 118 |  |               |  |
|                                                   |       | Mg 24   |        | Zn 65,2 |  | Cd 112 |  |               |  |
|                                                   | H 1   |         |        | Cu 63,4 |  | Ag 108 |  | Hg 200        |  |
|                                                   |       | Ca? 20  | Sr? 44 | Ba? 68  |  |        |  |               |  |
| [Bo 11?]                                          |       |         |        |         |  |        |  |               |  |
| [Ni 58,8]                                         |       |         |        |         |  |        |  |               |  |
| [Co 58,8]                                         |       |         |        |         |  |        |  |               |  |
| [Fe 56]                                           |       |         |        |         |  |        |  |               |  |
| [Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> K <sub>2</sub> O] |       |         |        |         |  |        |  |               |  |

Таблица 23

(см. фотокопию IV, стр. 78—79).

Начало размещения карточек «легких» элементов из 2-й кучки. Образование 1-го промежуточного столбца (39 элементов).

Над верхней и под нижней чертами напечатано то, что было записано на полях черновой таблицы; в квадратные скобки заключено зачеркнутое; жирным шрифтом набрано включенное вновь после размещения ясных элементов.

Табл. 23 отражает следующий момент в раскладывании того же «пасьянса» (начало включения в систему первых «легких» элементов из 2-й «кучки»). Установить последовательный порядок занесения новых карточек в «пасьянс» здесь довольно трудно, а потому выскажем лишь общее предположение, что сначала клались карточки тех элементов, места которых не менялись по сравнению с нижней табличкой, за ними — карточки тех элементов, места которых менялись по сравнению с нею, и под конец карточки элементов, вновь включаемых в таблицу (все они в табл. 23 означены жирным шрифтом).

В таком случае за  $H$ ,  $V$  и  $Ti$  должен был последовать  $B = 11$ , который стал под  $C = 12$ , где он и стоял в нижней табличке. Таким образом, как и в этой последней, стала заполняться пустовавшая до тех пор строка между группой  $C$  и группой  $Mg$ .

Поскольку карточка бора попала в «пасьянс», Дм. Ив. вычеркнул  $B$  на полях таблицы, что указано нами заключением  $Bo = 11?$  в квадратные скобки. Далее, в соответствии с тем, что карточки  $Al$  и  $Fe$  попали в «пасьянс», Дм. Ив. вычеркивает записи  $Al$  и  $Fe$ , сделанные в предварительном порядке на полях таблицы. На табл. 23 они заключены поэтому в квадратные скобки.

### [Д о п. 21]. Означало ли приравнивание атомных весов $Co$ и $Ni$ предвидение изотопии?

(К стр. 82)

При близости химических свойств и при условии, что значения атомных весов казались одинаковыми или почти одинаковыми у  $Co$  и  $Ni$ , Дм. Ив. не мог сразу решить вопроса о том, какой металл из этих двух надо поставить выше, а какой — ниже. К тому же он хотел оба эти элемента поставить одновременно над  $Fe$ , подчеркнув, что оба они являются его аналогами, точнее сказать, членами его семейства.

В соответствии с этим на полях таблицы оба элемента ( $Co$  и  $Ni$ ) одновременно, т. е. одним росчерком пера, были вычеркнуты из столбика, в котором они были предварительно записаны вместе с  $Fe$ . Одновременное их вычеркивание показано заключением обоих элементов в общие квадратные скобки. (Поскольку элементы  $Ni$ ,  $Co$  и другие включались в таблицу элементов впервые, их символы в табл. 23 набраны жирным шрифтом.)

Интересно отметить, что приравнивание атомных весов  $Co$  и  $Ni$  привело некоторых наших ученых к несколько странным, а иногда и просто неверным выводам. Например, В. Я. Курбатов, на которого мы уже ссылались выше, в своей брошюре ука-

зывает на то, что Дм. Ив. приравнял атомный вес  $\text{Co}$  и  $\text{Ni}$ . Однако этот факт автор толкует весьма своеобразным способом.

«Когда же атомные веса оказывались почти одинаковыми у близких по свойствам элементов, например у никеля ( $\text{Ni}$ ) и кобальта ( $\text{Co}$ ), то он поставил их в одну клетку, как изотопы, правильно предположив, что один элемент может иметь атомы, различные по весу, но почти одинаковые по свойствам, как это теперь и подтвердилось»<sup>1</sup>.

Все это, конечно, сплошное недоразумение. Изотопы суть разновидности *одного и того же элемента*, обладающие *различными* атомными весами; но Дм. Ив. никогда не считал, что  $\text{Ni}$  и  $\text{Co}$  — это не разные элементы, а один. Поэтому ничего общего с предвидением изотопии его приравнивание  $\text{Ni}=\text{Co}=59$  не имеет; уж, скорее, в этом можно было видеть предчувствие существования изобаров.

Однако, как показывает анализ той же фотокопии IV и других документов, о которых будет сказано ниже, Дм. Ив. вовсе не настаивал на том, чтобы помещать  $\text{Co}$  и  $\text{Ni}$  обязательно на одном и том же месте. Напротив, уже с самого начала он поместил их в нижней части таблицы один *над* другим, приписав каждому из них атомный вес = 58,8 (см. табл. 23). Затем, когда он их перенес в верхнюю часть той же таблицы и поставил над  $\text{Fe}$  рядом один с другим, он округлил их атомные веса до 59 (см. табл. 24).

Но после этого, как это видно из фотокопии IV и как показано на табл. 24, он перенес  $\text{Co}$  и  $\text{Ni}$  снова в нижнюю часть таблицы под  $\text{Cu}$  и снова поставил один *над* другим:  $\text{Co}=58,8$  над  $\text{Ni}=58,8$ , восстановив их первоначальные значения атомных весов (см. табл. 23). После этого он включил их в частичную табличку элементов будущей VIII группы, где они по-прежнему стояли на разных местах —  $\text{Co}$  над  $\text{Ni}$  (см. табл. 26). Такое же их расположение осталось и далее, при включении частичной таблички в общую систему, причем Дм. Ив. для оправдания помещения  $\text{Co}$  над  $\text{Ni}$  округлил их атомные веса так, что получилось:  $\text{Co}=60$ ,  $\text{Ni}=59$ . И так это оставалось до конца «пашьянса» (см. табл. 27, 28 и 29).

При этом против  $\text{Mn}$  образовались два пустых места в той же строке (см. табл. 28, 29 и 30). Это означало, что здесь следовало предвидеть подряд сразу два еще не открытых элемента из числа аналогов марганца. Дм. Ив. еще не решился на такое предвидение в данном пункте своей системы, а потому он «сократил» оба пустых места следующим образом: при переписывании своей таблицы набело (см. фотокопию V, табл. 33 и 34) он сократил столбец на одно место, где стоял  $\text{Mn}$ , для

<sup>1</sup> В. Я. Курбатов, Менделеев, Л. 1954, стр. 72.

чего вновь поставил на одно место Co и Ni, приравняв их атомные веса:  $Ni = Co = 59$ .

Следует отметить, что по тем же, по сути дела техническим, соображениям Дм. Ив. тогда же по аналогии с Co и Ni поставил на одно место рутений (Rh) и родий (Ro), приравняв их атомные веса:  $Ro = Rh = 104,4$  (см. фотокопию IV, табл. 25); но он тут же отказался от этого: при составлении частичной таблички для элементов будущей 8-й группы (см. табл. 26) и при ее подключении к основной таблице ставил уже Ro над Rh на разных местах, хотя их атомный вес и оставался одинаковым (см. табл. 26, 27, 28, 29 и следующие).

Более того, в конце февраля 1869 г., готовя свою первую статью о периодическом законе, Дм. Ив. ставил на одно место, приравнявая атомные веса, не только Co и Ni, но и Os и Ir:  $Os = Ir = 198$  (см. фотокопию VI, табл. 39 и 40, а также фотокопию VII, табл. 43 и 44). Но вскоре он отказался от такого их расположения и от приравнивания их атомных весов и поставил не только Os и Ir, но и Co и Ni на разные места [8,86—87]. Это было в июне 1869 г. Позднее Дм. Ив. уже не ставил указанные элементы на одно место в своей системе.

Все это свидетельствует о том, что такого рода приемы расположения элементов, производимые многократно Дм. Ив., не имеют ничего общего с мнимым предвидением явления изоtopии. Иначе Дм. Ив. не менял бы так часто своего «предвидения» в течение одного дня. В действительности же все это было вызвано не тем, что Дм. Ив. считал, хотя бы на миг, Co и Ni или, соответственно, Os и Ir разновидностями одного и того же элемента, а исключительно соображениями технического порядка, связанными с размещением элементов в еще не окончательно построенной системе (в ее «Опыте»); расчет был такой, чтобы как можно меньше, где это только возможно, образовывалось пустых мест, ибо каждое пустое место означало необходимость предвидения нового, еще не известного элемента, а оснований для такого рода предвидения было еще недостаточно. Поэтому, стараясь по возможности сократить число таких пробелов в своем «Опыте», Дм. Ив. шел на те операции с приравниванием атомных весов некоторых элементов, на которые было указано выше.

Сказанное свидетельствует о том, насколько осторожно следует высказывать гипотезы о том или ином предвидении, которое было сделано Дм. Ив. Без тщательного изучения *всех* относящихся к соответствующему вопросу материалов этого делать нельзя.

[Доп. 22]. Первые перестановки карточек в полной таблице.

Продолжение расшифровки фотокопии IV  
(К стр. 83)

В табл. 24 представлены первые перестановки карточек элементов после того, как они были включены в «пасьянс», т. е. в составляемую полную таблицу элементов. Здесь элементы, снимаемые со своих первоначальных мест в «пасьянсе», заключены в квадратные скобки на прежних местах и набраны курсивом на новых местах, куда они были переставлены. Так Са, Sr и Ва заключены в квадратные скобки под группой меди, т. е. на их старом месте, и набраны курсивом над группой калия, т. е. на их новом месте.

|      |                |                      |                |               |               |
|------|----------------|----------------------|----------------|---------------|---------------|
|      |                | <i>Fe 56</i>         |                |               |               |
|      |                | <b>Mn 55</b>         |                |               |               |
|      | <i>Al 27,4</i> | [NiCo 59]            |                |               |               |
|      | [Al 27,4]      | <i>Ca 40</i> [Fe 56] | <i>Sr 87,6</i> | <i>Ba 137</i> |               |
| Li 7 | Na 23          | K 39                 | Rb 85,4        | Cs 133        |               |
|      | F 19           | Cl 35,5              | Br 80          | J 127         |               |
|      | O 16           | S 32                 | Se 79,4        | Te 128        |               |
|      | N 14           | P 31                 | V 51           | As 75         | Sb 122 Bi 210 |
|      | C 12           | Si 28                | Ti 50          |               | Sn 118        |
|      | B 11           |                      | Cr 52,2        |               |               |
| H 1  | [H 1]          | Mg 24                | Zn 65,2        | Cd 112        |               |
|      |                | [Ca?20               | Cu 63,4        | Ag 108        | Hg 200        |
|      |                | Sr?44                | Ba?68]         |               |               |
|      |                |                      | <i>Co 58,8</i> |               |               |
|      |                |                      | <i>Ni 58,8</i> |               |               |

Таблица 24

(см. фотокопию IV, стр. 78—79).

Первые перестановки и дополнительные включения карточек «легких» элементов из 2-й кучки (40 элементов).

В квадратные скобки поставлено вычеркнутое: курсивом набрано переставленное; жирным шрифтом — добавленное вновь.

При помещении Са = 40 над К = 39 отсюда было вытеснено [Fe = 56], которое в нижней табличке стояло над Са = 40, т. е. строчкой выше в этом же столбце. Но сейчас это место оказалось занятым Ni = Co = 59. Поэтому Дм. Ив. поместил Fe = 56 еще выше, дабы иметь возможность заполнить затем пробел между Fe = 56 и Са = 40.

После снятия Fe с его места над К = 39 и после постановки на это место Са потеряло смысл удерживать Al = 27,4 на его первоначальном месте, над Na = 23, ибо здесь Al стоял лишь в качестве аналога Fe. В связи с этим [Al = 27,4] был вычеркнут



Дальнейшие изменения в «пасьянсе», произведенные на данном этапе открытия, обозначены в табл. 24 так: включение в таблицу Mn обозначено жирным шрифтом, а перестановка Co и Ni из верхней части таблицы в нижнюю (под Cu) — курсивом.

(K comp. 84)

[illegible]
$$\begin{array}{ccccccc} {}^{72}\text{In?O} & \left[ \begin{array}{c} 197 \\ \text{Au} \end{array} \right] & [\text{Be}] & \left\{ \begin{array}{c} \text{LaDi} \\ \text{Ce} \end{array} \right\} & \left[ \begin{array}{ccc} 198 & 199 & 197,4 \\ \text{Ir} & \text{Os} & \text{Pt} \end{array} \right] & {}^{96}\text{Mo} & \left[ \begin{array}{c} 204 \\ \text{Tl} \end{array} \right] & \left[ \begin{array}{ccc} 106,6 & 104,4 & 104,4 \\ \text{Pl} & \text{Rh} & \text{Ro} \end{array} \right] \\ & & & & \left[ \begin{array}{ccc} 120 & 184 & 89,6 \\ \text{Ur} & \text{Wo} & \text{ZrO}_2 \end{array} \right] & & & & [\text{Pb}] \end{array}$$

ЭБ "Научное наследие России"

Табл. 25 отображает следующий за тем этап составления полной системы элементов, основу которого составило включение в нее «тяжелых» элементов из 3-й «кучки» карточек. Состав всей этой «кучки» Дм. Ив. записал внизу таблицы в виде «нижнего списка» элементов, ждущих своей очереди для размещения в системе. Вычеркнутые отсюда элементы (после того, как они попадали уже в самую систему) ставятся нами в квадратные скобки; одновременно все вновь включенные в «пасьянс» элементы отмечаются жирным шрифтом. Из них  $\text{Ir} = 198$  и  $\text{Os} = 199$  были вычеркнуты одновременно с  $\text{Pt}$  из нижнего списка, где они все три поэтому поставлены в общие квадратные скобки. Подобно се-

|                   |        |                   |  |              |                   |
|-------------------|--------|-------------------|--|--------------|-------------------|
|                   |        | [Fe 56]           |  |              |                   |
|                   |        | [Mn 55]           |  |              |                   |
|                   |        | [Cr 52,2]         |  | [Pl 106,6]   |                   |
| [Be 14] [Al 27,4] |        |                   |  | [RoRu 104,4] |                   |
|                   |        | Ca 40             |  | Sr 87,6      | Ba 137 Pb 207     |
| Li 7              | Na 23  | K 39              |  | Rb 85,4      | Cs 133 Tl 204     |
|                   | F 19   | Cl 35,5           |  | Br 80        | J 127             |
|                   | O 16   | S 32              |  | Se 79,4      | Te 128            |
|                   | N 14   | P 31 V 51         |  | As 75        | Sb 122 Bi 210     |
|                   | C 12   | Si 28 Ti 50       |  | Zr 90        | Sn 118 [Pt Ir Os] |
|                   | B 11   | Al 27,4 [Cr 52,2] |  |              | Ur 116? Au 197    |
|                   | Be 9,4 | Mg 24             |  | Zn 65,2      | Cd 112            |
| H 1               |        |                   |  | Cu 63,4      | Ag 108 Hg 200     |
|                   |        |                   |  | [Pb? 103]    |                   |
|                   |        |                   |  | [Co 58,8]    |                   |
|                   |        |                   |  | [Ni 58,8]    |                   |

|                |                 |                 |
|----------------|-----------------|-----------------|
| <i>Fe 56</i>   | <i>Pl 106,6</i> | <i>Pt 197,4</i> |
| <i>Mn 55</i>   | <i>Co 58,8</i>  | <i>Ro 104,4</i> |
| <i>Cr 52,2</i> | <i>Ni 58,8</i>  | <i>Rh 104,4</i> |
|                |                 | <i>Os 122</i>   |

|      |        |    |     |
|------|--------|----|-----|
| 72   | {LaDi} | 96 | 184 |
| In?O | Ce     | Mo | Wo  |

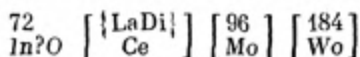
Таблица 26  
(см. фотокопию IV, стр. 78—79).

Перестановки карточек «легких» элементов из 2-й кучки и «тяжелых» элементов из 3-й кучки. Очищение «окраин» системы. Образование частичной таблички из 3 семейств (52 элемента).

В рамку заключена частичная табличка будущей 8-й группы, составленная около черновой таблицы; под нижней чертой помещены элементы, записанные на полях оригинала; в квадратные скобки поставлено зачеркнутое; в фигурные — добавленное редакцией; курсивом набрано переставленное.

Следующая таблица, 27-я, отражает момент подключения частичной таблички к основной таблице элементов и включения в нее четвертого семейства — церитовых металлов. В «нижнем списке» «тяжелых» элементов это семейство было представлено одним лишь Се, а потому вычеркивание Се из этого списка было

|      |        |         |              |                                                       |                 |        |  |
|------|--------|---------|--------------|-------------------------------------------------------|-----------------|--------|--|
|      |        |         |              | <i>Di</i> 95<br><i>La</i> 94<br><i>Ce</i> 92          |                 |        |  |
|      |        | Ca 40   | Sr 87,6      | Ba 137                                                | Pb 207          |        |  |
| Li 7 | Na 23  | K 39    | Rb 85,4      | Cs 133                                                | Tl 204          |        |  |
|      | F 19   | Cl 35,5 | Br 80        | J 127                                                 |                 |        |  |
|      | O 16   | S 32    | Se 79,4      | Te 128                                                |                 |        |  |
|      | N 14   | P 31    | V 51         | As 75                                                 | Sb 122          | Bi 210 |  |
|      | C 12   | Si 28   | Ti 50        | Zr 90                                                 | Sn 118          |        |  |
|      | B 11   | Al 27,4 |              | Ur 116?                                               | Au 197          |        |  |
| H 1  | Be 9,4 | Mg 24   | Zn 65,2      | Cd 112                                                |                 |        |  |
|      |        |         | Cu 63,4      | Ag 108                                                | Hg 200          |        |  |
|      |        |         | <i>Co</i> 60 | <i>Pl</i> 106,6                                       | <i>Pt</i> 197,4 |        |  |
|      |        |         | <i>Ni</i> 59 | <i>Ro</i> 104,4                                       | <i>Ir</i> 198   |        |  |
|      |        |         | <i>Fe</i> 56 | <i>Rh</i> 104,4                                       | <i>Os</i> 199   |        |  |
|      |        |         | <i>Mn</i> 55 | [ <i>Di</i> 95]<br>[ <i>La</i> 94]<br>[ <i>Ce</i> 92] |                 |        |  |
|      |        |         | <i>Cr</i> 52 | <i>Mo</i> 96                                          | <i>W</i> 186    |        |  |



равносильно вычеркиванию всего данного семейства, которое подразумевалось вместе с Се.

Над Мо, W и Uг в нижнем списке Дм. Ив. поставил одинаковые косые черточки (см. фотокопию IV), отмечая, по-видимому, что Мо и W, как и Uг, являются трехатомными металлами. Поэтому они должны были попасть в один ряд либо с В, либо с Сг. Но оба места для «тяжелых» элементов в ряду В (в группе бора) были уже заняты Uг = 116? и Au = 197, да к тому же Мо и W на эти места не подошли бы по величине своих атомных весов; их надо было расположить где-то ниже. Места в ряду Сг на самом нижнем краю системы вполне этому соответствовали.

До тех пор в нижней табличке Мо уже присутствовал в ряду трехатомных элементов В — Au (см. табл. 17), а W включался впервые. При этом в плане «Основ химии» 1868 г. Мо и W были разобщены между собой: Мо поставлен в ряд трехатомных элементов, куда, в частности, был отнесен и Сг (см. табл. 5), а W попал в ряд четырехатомных элементов вместе с Nb и Та.

В плане же 1869 г. Мо и W вместе с Nb и Та составляли особую группу, расположенную непосредственно после семейства Fe (см. табл. 7).

Что же касается индия In, то его по существу следовало отнести к категории сомнительных элементов, так как его атомный вес был установлен с далеко не достаточной достоверностью. В списке элементов 1867—1868 гг. (см. табл. 1) Дм. Ив. принял его равным 37; в нижней табличке (см. табл. 17) Дм. Ив. счел его за 36; в списке элементов (см. табл. 21) Дм. Ив. сначала против In записал 36?, а затем исправил это на 72, удвоив, таким образом, эквивалент In; наконец, в нижнем списке (см. табл. 27) над In?O со знаком вопроса стояло 72.

Значит, в течение 17 февраля 1869 г. Дм. Ив. уже однажды изменил атомный вес In; и все же после этого полученный результат он записал со знаком вопроса.

**[Д о п. 24]. Завершение «пасьянса».**  
**Окончание расшифровки фотокопии IV**  
*(К стр. 87)*

Табл. 28 показывает начало размещения так называемых «сомнительных» элементов, которым завершился весь «пасьянс».

В списке этих «сомнительных» элементов первоначально был записан еще один элемент — тербий (Ter) с эквивалентным весом 37,7 и атомным весом 75,4. Однако сомнительность этого эле-



мента была такой, что самое его существование Дм. Ив. поставил под сомнение, записав: «Не су{ществует} по Б{унзену}».

В связи с этим Тег не был включен в список элементов, хотя бы и «сомнительных», но все же подлежащих рано или поздно размещению в системе элементов. Вероятно, что по этой же причине он оказался вне «пасьянса».

Символ ниобия Дм. Ив. записал в одном месте не как Nb, а как Ni, что он делал и перед этим в планах «Основ химии» (см. табл. 5 и 7).

Как в указанных планах, так и в списке «сомнительных» элементов Ta и Nb поставлены рядом; однако в плане 1868 г. оба они были отнесены в группу четырехатомных элементов, даю-

|      |       |         |                   |          |                 |  |
|------|-------|---------|-------------------|----------|-----------------|--|
|      |       |         | <i>In</i> 75,6    | Th 118?  |                 |  |
|      |       |         | <i>Yt</i> 60?     | Di 95    |                 |  |
|      |       |         | <i>Er</i> 56?     | La 94    |                 |  |
|      |       |         |                   | Ce 92    |                 |  |
|      |       | Ca 40   | Sr 87,6           | Ba 137   | Pb 207          |  |
| Li 7 | Na 23 | K 39    | Rb 85,4           | Cs 133   | Tl 204          |  |
|      | F 19  | Cl 35,5 | Br 80             | J 127    |                 |  |
|      | O 16  | S 32    | Se 79,4           | Te 128   |                 |  |
|      | N 14  | P 31    | As 75             | Sb 122   | Bi 210          |  |
|      | C 12  | Si 28   |                   | Sn 118   |                 |  |
|      | B 11  | Al 27,4 | [ <i>In</i> 75,6] | Ur 116?  | Au 197          |  |
|      | Be 9  | Mg 24   | Zn 65,2           | Cd 112   |                 |  |
| H 1  |       |         | Cu 63,4           | Ag 108   | Hg 200          |  |
|      |       |         | Co 60             | Pt 106,6 | <i>Os</i> 199   |  |
|      |       |         | Ni 59             | Ro 104,4 | Ir 198          |  |
|      |       |         | Fe 56             | Rh 104,4 | <i>Pt</i> 197,4 |  |
|      |       |         | Mn 55             |          |                 |  |
|      |       |         | Cr 52             | Mo 96    | W 186           |  |
|      |       |         | V 51              | Nb 94    | Ta 182          |  |
|      |       |         | Ti 50             | Zr 90    |                 |  |

|                          |                                               |  |  |                |
|--------------------------|-----------------------------------------------|--|--|----------------|
| <i>In</i> 75,6           | He вошли <i>In</i> [ <i>Er</i> Th <i>Yt</i> ] |  |  |                |
| <i>In</i> <sub>2</sub> O | <i>In</i> O                                   |  |  | <i>Yt</i> 61,6 |
| <i>In</i> O              | <i>In</i> O <sub>2</sub>                      |  |  | <i>Er</i> 56,3 |
|                          | 37,8                                          |  |  | Th             |

Таблица 29

(см. фотокопию IV, стр. 78—79).

Размещение последних карточек «сомнительных» элементов из 4-й кучки. Завершение составления полной черновой таблицы элементов (63 элемента)

«Полная черновая таблица».

Под нижней чертой помещены элементы, записанные в оригинале вне таблицы; в квадратные скобки заключено вычеркнутое; курсивом набрана переставленное; жирным шрифтом — вписанное вновь.

щих окислы состава  $RO_2$ ; в плане 1868 г. они поставлены вместе с Mo и W, и трудно установить, какая атомность им тогда приписывалась. Наконец, в списке «сомнительных» элементов для них предлагаются две формы:  $RO_2$  и  $R_2O_5$ .

Дм. Ив. останавливается на последней и под Mo = 96 вписывает Nb = 94, а под Wo = 186 вписывает Ta = 182



Подписанные снизу формулы высших окислов показывают, на каких из них Дм. Ив. остановился окончательно.

В табл. 29 представлена заключительная фаза «пасьянса». Прежде всего Дм. Ив. выделяет карточки трех «сомнительных» элементов и переписывает их в виде отдельного столбца:

Yt 61,6 Eг 56,3 Th.

Соответственно этому из предшествующего списка четырех элементов, которые еще «не взошли» в систему, вычеркиваются [Eг Th Yt].

Вслед затем Yt 60? и Eг 56? ставятся над Ca = 40, а Th = 118? — в соседнем столбце справа, над Di = 95. Поскольку все три элемента включаются в таблицу впервые, они отмечены жирным шрифтом.

Теперь остался один In. Дм. Ив. изменил его эквивалент, приняв его равным 37,8, а не 36, как раньше (см. табл. 17); это ближе к первоначальному эквиваленту 37 (см. табл. 1).

После этого Дм. Ив. делает попытку включить In 75,6(?) в ряд В (в группу бора), между Al и Ur, поставив его на место непосредственно над Zn = 65,2. Но здесь элемент, принимаемый за двуатомный, попадает в ряд трехатомных элементов, что не оправдано.

В итоге Дм. Ив. снимает In с этого места и переносит его на самый верхний край таблицы, на место над Yt 60?

Таким образом, над Ca и Sr в двух столбцах расположились 7 малоисследованных элементов, которые можно было считать «сомнительными».

Видя, что в столбце Pt, Ir и Os элементы располагаются не по величине атомных весов, а в обратном порядке, Дм. Ив. обвел кружком все семейство платины, указывая этим, что порядок расположения этих элементов надо изменить на обратный.

В табл. 30 дан анализ полной черновой таблицы элементов, т. е. результата «пасьянса», подобно тому как это было сделано раньше для верхней неполной таблички (см. табл. 12 [доп. 12]) и для нижней таблички (см. табл. 18 [доп. 14]).

В табл. 30 простым шрифтом обозначены элементы (числом 33), которые занимали эти же самые места в нижней табличке. Из них 28 элементов относятся к центральной части системы и только 5 (Li, Ce, Bi, Au и Hg) — к ее «окраинам».



|           |           |           |           |           |           |
|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|           |           | <i>In</i> | <i>Th</i> |           |           |
|           |           | <i>Yt</i> | <i>Di</i> |           |           |
|           |           | <i>Er</i> | <i>La</i> |           |           |
|           |           |           | <i>Ce</i> |           |           |
| <i>Li</i> | <i>Na</i> | <i>Ca</i> | <i>Sr</i> | <i>Ba</i> | <i>Tl</i> |
|           | <i>F</i>  | <i>K</i>  | <i>Rb</i> | <i>Cs</i> | <i>Pb</i> |
|           | <i>O</i>  | <i>Cl</i> | <i>Br</i> | <i>J</i>  |           |
|           | <i>N</i>  | <i>S</i>  | <i>Se</i> | <i>Te</i> | <i>Bi</i> |
|           | <i>C</i>  | <i>P</i>  | <i>As</i> | <i>Sb</i> |           |
|           | <i>B</i>  | <i>Si</i> |           | <i>Sn</i> | <i>Au</i> |
|           | <i>Be</i> | <i>Al</i> | <i>Zn</i> | <i>Ur</i> |           |
| <i>H</i>  |           | <i>Mg</i> | <i>Cu</i> | <i>Cd</i> | <i>Hg</i> |
|           |           |           |           | <i>Ag</i> |           |
|           |           |           | <i>Co</i> | <i>Pl</i> | <i>Os</i> |
|           |           |           | <i>Ni</i> | <i>Ro</i> | <i>Ir</i> |
|           |           |           | <i>Fe</i> | <i>Rh</i> | <i>Pt</i> |
|           |           |           | <i>Mn</i> |           |           |
|           |           |           | <i>Cr</i> | <i>Mo</i> | <i>Wo</i> |
|           |           |           | <i>V</i>  | <i>Nb</i> | <i>Ta</i> |
|           |           |           | <i>Ti</i> | <i>Zr</i> |           |

Таблица 30

(см. фотокопию IV, стр. 78—79).

Анализ полной таблицы элементов из 6 основных столбцов в завершеном виде (63 элемента).

В рамку заключена центральная часть системы; прямым жирным шрифтом набраны элементы, которые отсутствовали в предыдущей, нижней табличке; жирным курсивом отмечены элементы, вошедшие в нижнюю табличку в неявном виде; светлым курсивом отмечены элементы, которые заняли окончательно другие места, нежели они занимали в нижней табличке; прямым светлым же шрифтом набраны элементы, которые в «пасьянсе» окончательно заняли те же места, что и в нижней табличке.

Отсюда ясно, что до «химического пасьянса» Дм. Ив. разра, батывал главным образом центральную часть будущей системы — а во время «химического пасьянса» он перенес все свое внимание на разработку ее «окраин», особенно нижней «окраины», куда попало 18 элементов, т. е. почти одна треть всех элементов. На верхней «окраине» сосредоточились все сомнительные элементы (числом 7), которые не нашли еще своего настоящего, т. е. естественного, места в системе.

В табл. 30 жирным шрифтом обозначены элементы (числом 21), которые отсутствовали в нижней табличке и были включены

в строящуюся систему уже при осуществлении «химического пасьянса». Из них для 6 элементов, входящих в семейства Fe, Pt и Ce, положение в таблице еще и раньше определялось скрытым образом благодаря тому, что в нижнюю табличку были включены главные представители этих семейств (Fe, Pt и Ce); в табл. 30 все эти 6 элементов отмечены жирным курсивом.

Следовательно, всего по сравнению с нижней табличкой совершенно новые места были определены для 15 элементов.

Элементы, которые при окончательном размещении в полной черновой таблице оказались переставлены по сравнению с нижней табличкой, отмечены свежым курсивом. Таких элементов оказывается 9; это — H, Be, Al, In, V, Ti, Fe, Mo и Pt.

Таким образом, из 63 элементов только 24 элемент, т. е. одна треть, был добавлен вновь после составления нижней таблички, и из них лишь 15 (т. е. около одной четверти от общего числа элементов) не подразумевались вместе с другими элементами, уже включенными в таблицу.

Другими словами, 48 элементов (т. е. почти три четверти всех элементов) так или иначе, явно или скрыто уже присутствовали в нижней табличке, составленной перед проведением «химического пасьянса». Из этих 48 элементов 35 элементов, т. е. около трех пятых всех элементов, явно или скрыто занимали свои окончательные места уже в нижней табличке.

### [Д о п. 25]. Общий итог решающего этапа открытия периодического закона.

#### Анализ фотоконии IV.

#### Сравнительное исследование хода составления системы элементов при помощи «пасьянса»

(К стр. 89)

Табл. 31 указывает на постепенное количественное пополнение системы по мере ее составления и одновременно на столь же постепенное уточнение взаиморасположения элементов, уже включенных в таблицу.

В табл. 31 цифры вверху указывают номера таблиц.

Первые 27 карточек из 1-й кучки сразу расположились по своим местам; основная их доля (24 карточки) легла в центральную часть системы, заполнив ее почти целиком (в ней недоставало лишь семи элементов).

В дальнейшем, по мере включения новых карточек в «пасьянс», общее число охваченных системой элементов неуклонно возрастало, последовательно достигая значения 39; 40; 52; 57; 59 и, наконец, 63.

|                                                              | После размещения |    |           |    |           |    |           |    |
|--------------------------------------------------------------|------------------|----|-----------|----|-----------|----|-----------|----|
|                                                              | 1-я кучки        |    | 2-я кучки |    | 3-я кучки |    | 4-я кучки |    |
|                                                              | №№ таблиц        |    |           |    |           |    |           |    |
|                                                              | 22               | 23 | 24        | 25 | 26        | 27 | 28        | 29 |
| Общее число карточек, включенных в «пасьянс»                 | 27               | 39 | 40        | 52 | 52        | 57 | 59        | 63 |
| Из них:                                                      |                  |    |           |    |           |    |           |    |
| из центральной части системы . . . . .                       | 24               | 29 | 29        | 31 | 31        | 31 | 31        | 31 |
| Общее число карточек, попавших на свои места                 | 27               | 28 | 34        | 37 | 38(11)    | 54 | 59        | 63 |
| Из них:                                                      |                  |    |           |    |           |    |           |    |
| в центральной части системы . . . . .                        | 24               | 25 | 28        | 29 | 31        | 31 | 31        | 31 |
| Общее число карточек, подлежащих перестановке                | —                | 11 | 6         | 15 | 3(11)     | 3  | (1)       | —  |
| Из них:                                                      |                  |    |           |    |           |    |           |    |
| подлежащих удалению из центральной части                     | —                | 3  | 3         | 4  | 3         | 3  | (1)       | —  |
| Общее число еще не включенных в «пасьянс» карточек . . . . . | 36               | 24 | 23        | 11 | 11        | 6  | 3(1)      | —  |

Таблица 31

Сравнительный анализ хода составления путем «пасьянса» полной таблицы элементов. Постепенный рост общего числа включенных в нее элементов и числа элементов, вставших на свои места.

В скобках указано число элементов, составлявших в данный момент частичную табличку из 11 элементов, или же — 1 элемент (индий), возвращенный в 4-ю кучку.

Уже с размещением первых карточек из 3-й кучки все элементы (числом 31) центральной части системы были уже включены в таблицу, но два из них (Be и Al) еще стояли не на своих местах, а на верхнем крае таблицы; их надо было передвинуть в центр системы, что и произошло на следующем этапе раскладывания «пасьянса».

После этого для полного завершения центральной части системы оставалось сделать только одно: удалить из нее три карточки (V, Ti и Zg), окончательные места которых были на нижнем крае таблицы. Это Дм. Ив. сделал при переходе к размещению карточек из последней, 4-й, кучки. После этого центральная часть системы была полностью готова.

Когда с «окраин» таблицы Дм. Ив. снимает 11 карточек трех семейств и строит частичную табличку, то эти 11 карточек одновременно указаны в скобках в двух рубриках: в числе элементов, попадавших на свои места, и в числе элементов, подлежащих перестановке.

Далее, при первом включении карточек из 4-й кучки,  $I_n = 72$  был помещен в центральную часть системы (между-Zn и Cd), а затем был оттуда снят и его карточка была возвращена в 4-ю кучку. Это отмечено тем, что цифра (1), взятая в скобки, записана в последних трех строчках графы 28.

Таким образом, процесс раскладывания «химического пасьянса», в ходе которого постепенно все полнее и полнее вырисовывалась будущая система элементов, охарактеризован в табл. 31 с нескольких сторон:

1) со стороны постепенного количественного пополнения системы, т. е. увеличения как общего числа элементов, так и числа элементов центральной части системы, включенных в таблицу;

2) со стороны качественного уточнения взаиморасположения элементов, т. е. увеличения как общего числа элементов, попавших на свои места, так и числа элементов, занявших свои места в центральной части системы.

Показателем трудностей, встававших перед Дм. Ив. при составлении полной таблицы элементов, служит общее число карточек, включенных в таблицу неправильно, а потому подлежавших перестановке, в частности число карточек, подлежавших удалению из центральной части системы. Максимальное общее число таких карточек было в момент включения карточек из 3-й кучки, когда оно достигло 15, т. е. около одной четверти от всех элементов. Значительным (равным 11) оно было и в момент включения первых карточек из 2-й кучки.

В связи с тем, что сейчас для нас особый интерес представляет выяснение преемственности между полной таблицей элементов и нижней табличкой, мы остановимся отдельно на этом вопросе. В табл. 32 анализируются под этим углом зрения данные, относящиеся к составу элементов, включаемых в таблицу из каждой кучки карточек.

При этом учитывается, во-первых, сколько элементов, записанных на карточках, включенных в «пасьянс» из данной их кучки, было уже вписано в нижнюю табличку и сколько элементов включается совершенно заново.

|                                                                                         | Из входящих в состав |           |           |    |    |           |     |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|-----------|-----------|----|----|-----------|-----|----|
|                                                                                         | 1-й кучки            | 2-й кучки | 3-й кучки |    |    | 4-й кучки |     |    |
|                                                                                         | № № таблиц           |           |           |    |    |           |     |    |
|                                                                                         | 22                   | 23        | 24        | 25 | 26 | 27        | 28  | 29 |
| Число включаемых элементов, бывших уже ранее в нижней табличке . .                      | 27                   | 9         | —         | 3  | —  | 2         | (1) | 1  |
| Из них:                                                                                 |                      |           |           |    |    |           |     |    |
| становящихся на те же места, что и в нижней табличке . . . . .                          | 27                   | 4         | —         | 3  | —  | (1)       | (1) | —  |
| Число элементов, передвинутых на те места, которые они занимали в нижней табличке . . . | —                    | —         | 4         | —  | —  | 1         | —   | —  |
| Число вновь включаемых элементов . . . . .                                              | —                    | 3         | 1         | 9  | —  | 3         | 2   | 3  |
| Из них:                                                                                 |                      |           |           |    |    |           |     |    |
| становящихся на те места, которые подразумевались для них в нижней табличке . . .       | —                    | 2         | —         | 2  | —  | 2         | —   | —  |

Таблица 32

Сравнительный анализ хода составления путем «пасьянса» полной таблицы элементов; включение в нее элементов, бывших или подразумеваемых в нижней табличке, и постановка части элементов на их прежние места.

Цифра (1), поставленная в скобки, для 3-й кучки означает церий, для 4-й кучки — индий.

Во-вторых, сколько элементов сразу становятся или спустя некоторое время переставляются на те места, которые они занимали в нижней табличке или которые неясно предполагались для них по соседству от основных членов семейств Fe, Pt и Ce.

Такой анализ позволяет выяснить, насколько быстро и легко или же насколько медленно и трудно продвигался вперед «пасьянс» на данной ступени составления системы элементов.

В первую кучку входили только те элементы, которые присутствовали уже в нижней табличке и которые встали на те же места в «пасьянсе». И хотя их число было большое (27), но

все они, будучи «ясными», легко и быстро были внесены в таблицу.

Во второй кучке из 13 карточек только 9 было с элементами, входившими в нижнюю табличку, и только четыре из них сразу стали на те же места, которые они занимали в ней. Вслед за тем еще 4 элемента были передвинуты на те места, на которых они стояли в нижней табличке, и лишь один элемент (Fe) оказался в «пасьянсе» сначала слишком близко к К по сравнению с нижней табличкой, а затем — слишком далеко от него.

Из вновь включенных же в таблицу четырех элементов — двух членов семейства Fe (т. е. Co и Ni) и двух примыкающих к нему (т. е. Cr и Mn) — места Co и Ni неявно подразумевались лежащими около Fe, так что включение Fe в таблицу предопределило и их включение на соседние с ним места.

Путем перестановки к ним были подключены затем Cr и Mn. Таким образом, место Fe над К в нижней табличке явилось как бы «центром кристаллизации» вокруг Fe остальных членов его семейства и примыкающих к нему элементов.

Это означает, что в конечном счете места всех 13 карточек из 2-й кучки определились там, где соответствующие элементы были записаны в нижней табличке. Поэтому размещение этих карточек в «пасьянсе» также было проведено в общем сравнительно легко и быстро, хотя и не так быстро, как размещение карточек из 1-й кучки; возникшие было на первых порах затруднения были почти тут же преодолены.

Вслед за тем начались уже дальнейшие перестановки элементов, с изменением тех мест, которые они занимали в нижней табличке, поскольку эти места не соответствовали окончательному размещению элементов в системе (это касается, например, H, отчасти Co и Ni, отделившись на время от Fe).

При включении первой партии карточек из 3-й кучки только три элемента (Be, Pt и Au) оказались из числа тех, которые были в нижней табличке, причем все они сразу встали на те же места, которые занимали в ней.

Вместе с Pt на соседние с нею места (как это могло подразумеваться и ранее) встали два члена ее семейства, которые отсутствовали в явном виде в нижней табличке.

Остальные 7 карточек первой партии из 3-й кучки были элементами, включаемыми впервые, если не считать Zr, который уже фигурировал в верхней табличке. Естественно, что такое большое число вновь включенных элементов требовало тщательного и всестороннего рассмотрения их связей и взаимоотношений с другими элементами, а также между собой.

Поэтому неизбежно было то, что процесс раскладывания «пасьянса» сразу резко замедлился; он стал идти с паузами, необходимыми для того, чтобы разбирать по существу и устранять

очередные трудности, возникавшие в ходе составления таблицы элементов. Это относится и к включению второй партии карточек из 3-й кучки, среди которых две карточки были с Се и Мо, входившими в нижнюю табличку, а из трех вновь включенных La и Di в качестве спутников Се подразумевались вместе с ним и ставились сначала на одно место с ним.

Таким образом, строго говоря, лишь один элемент (W) включался совершенно заново.

Что касается Се, то со своими спутниками он сначала занял место, отличное от того, какое было у него в нижней табличке; но затем он был передвинут на это последнее место (над Sr); но он оказался здесь уже не в одном ряду с Be, Al и Fe, как это было в нижней табличке. Поэтому в табл. 32 Се записан дважды: в скобках — в рубрике элементов, вставших на прежнее место, какое они занимали в нижней табличке, и без скобок — в рубрике элементов, передвинутых на это место.

Судя по характеру размещения второй партии карточек из 3-й кучки, можно заключить, что оно протекало еще довольно-таки медленно и с затруднениями, хотя быстрее и легче, чем размещение первой партии карточек из этой же кучки. Последнее было, несомненно, самым сложным и самым трудным этапом во всем «химическом пасьянсе».

Наконец, в последней — 4-й кучке лишь карточка In вызвала большие трудности и задержку, хотя In уже фигурировал в нижней табличке. Символ In Дм. Ив. записал 12 раз на листе бумаги с таблицей элементов (см. фотокопию IV); он изменял атомный вес In, подбирая различные формулы для состава его окисла, дважды включал его в систему и трижды ставил на различные места в ней. Поскольку In вводился в систему дважды, он указан в скобках в первой и второй строках графы 28 — как включенный предварительно, и в графе 29 без скобок — как включенный окончательно.

[Д о п. 26]. Переписка набело «Опыта системы элементов»  
и правка его корректуры.  
Расшифровка фотокопии V

(К стр. 90)

В табл. 33 сведены все изменения, которые Дм. Ив. произвел в полученном итоге «пасьянса» при его переписывании набело в обратном порядке, т. е. так, что элементы с большими атомными весами подписывались под элементами с меньшими атомными весами в отличие от того, как это делалось до тех пор (ср. фотокопию V с фотокопиями II, III и IV).



|       |        |            |           |          |           |          |
|-------|--------|------------|-----------|----------|-----------|----------|
|       |        |            |           | Ti=50    | Zr=90     | ?=180    |
|       |        |            |           | V=51     | Nb=94     | Ta=182   |
|       |        |            |           | Cr=52    | Mo=96     | W=186    |
|       |        |            |           | Mn=55    | Rh=104,4  | Pt=197,4 |
|       |        |            |           | Fe=56    | Ro=104,4  | Ir=198   |
|       |        |            | Ni=Co=59  | Pl=106,6 | Os=199    |          |
| H=1   | ?=8    | ?=22       |           | Cu=63,4  | Ag=108    | Hg=200   |
|       | Be=9,4 | Mg=24      |           | Zn=65,2  | Cd=112    | [?]=     |
| [H=1] | B=11   | Al=27,4    |           | ?=68     | Ur=116[?] | Au=197?  |
|       | C=12   | Si=28      |           | ?=70     | Sn=118    |          |
|       | N=14   | P=31       |           | As=75    | Sb=122    | Bi=210?  |
|       | O=16   | S=32       |           | Se=79,4  | Te=128 ?  |          |
|       | F=19   | Cl=35,5    |           | Br=80    | J=127     |          |
| Li=7  | Na=23  | K=39       |           | Rb=85,4  | Cs=133    | Tl=204   |
|       |        | Ca=40      |           | Sr=87,6  | Ba=137    | Pb=207   |
|       |        | ?=45       |           | Ce=92    |           |          |
|       |        | ?Er=56?    |           | La=94    |           |          |
|       |        | ?Yt=60?    |           | Di=95    |           |          |
|       |        | ?In=75,6 ? | ? Th=118? |          |           |          |

Таблица 33

(см. фотокопию V, стр. 90—91).

Изменения, внесенные в полную таблицу элементов при ее переписывании набело. Предсказание 6 неоткрытых элементов (63+ {6} элементов).

«Беловая таблица». 17 февраля 1869 г.

В квадратные скобки взято зачеркнутое; курсивом набрано переставленное; жирным шрифтом — добавленное вновь по сравнению с черновой таблицей (см. фотокопию IV).

Из замечаний, которые Дм. Ив. сделал на беловом экземпляре своей таблицы для типографии (см. фотокопию V), представляют особый интерес следующие:

- 1) сбоку, слева: «Прошу поскорее корр{ектуру} и 1-ю мне»;
- 2) сбоку, справа: «Бумагу взять такую, на которой можно бы писать, но тонкую, чтобы было легко» (см. фотокопию V);
- 3) внизу: «Отдал в набор в понедельник в 6 кв. корпус без шпон».

Первое замечание находится в прямой связи с тем, что Дм. Ив. в этот день собирался выехать из Петербурга на сыроварни, а потому должен был весьма торопиться с напечатанием своего «Опыта системы элементов».

Второе замечание указывает, что Дм. Ив. собирался разослать свой «Опыт системы элементов» химикам по почте (отсюда требование, чтобы бумага была легкой) и рассчитывал, что придется делать на таблице пометки (отсюда требование, чтобы бумага была такой, на которой можно писать).

## Соотношеніе свойствъ съ атомнымъ вѣсомъ элементовъ.

Д. Менделѣва.

Систематическое распрежденіе элементовъ подвергалось въ исторіи нашей науки многимъ разнообразнымъ превратностямъ. Наибольше распространенное раздѣленіе ихъ на *металлы* и *металлоиды* опирается какъ на физическія различія, замѣчательныя между многими простыми тѣлами, такъ и на различія въ характерѣ окисловъ и соответственныхъ имъ соединений. Но то, что казалось при первомъ знакомствѣ съ предметомъ, яснымъ и абсолютнымъ, то при ближайшемъ знакомствѣ съ нимъ совершенно потеряло свое значеніе. Съ тѣхъ поръ какъ стало извѣстнымъ, что одинъ элементъ какъ напр. фосфоръ, можетъ являться и въ состояніи металлоида, и въ металлическомъ видѣ, стало невозможнымъ опираться на различія въ физическихъ признакахъ. Образованіе основныхъ и кислотныхъ окисловъ не представляетъ также рѣшительнаго сколько либо точнаго, но той причинѣ, что между резко основными и кислотными окислами существуетъ рядъ окисловъ переходныхъ, куда напр. должно отнести окислы висмута, сурьмы, мышьяка, золота, платины, титана, бора, озона и многихъ другихъ. Притомъ аналогія соединений такихъ металлоидовъ, какъ висмутъ, ванадій, сурьма и мышьякъ съ соединениями фосфора и азота, теллура съ селеномъ и сѣрой, также какъ кремнія, титана и цирконія съ оловомъ, не позволяютъ уже никакъ строго держаться въ раздѣленіи простыхъ тѣлъ, различія между металлами и металлоидами. Изслѣдованія металлоорганическихъ соединений, показавшія, что сѣра, фосфоръ и мышьякъ образуютъ соединения совершенно того же разряда, какъ и ртуть, цинкъ, свинецъ и висмутъ, служатъ еще болѣе яснымъ подтвержденіемъ справедливости предъизложеннаго заключенія.

Тѣ системы простыхъ тѣлъ, которыя основаны на отношеніи ихъ къ *водороду* и *кислороду*, представляютъ также много шаткаго, заставляютъ отринуть чіеши, несохлѣбно представляющіе вѣчное ходятю. Висмутъ не соединяетъ до сихъ поръ съ водородомъ такъ

Третье замечание подтверждает, что «Опыт системы элементов» был отдан в набор в понедельник, т. е., как можно полагать, в тот же день, 17 февраля 1869 г., когда было сделано открытие.

В табл. 34 отмечены изменения, внесенные Дм. Ив. в «Опыт системы элементов» при корректуре. В дальнейшем от таблицы, изображенной на фотокопиях V и XI, Дм. Ив. пошел в нескольких направлениях (см. фотокопии VI, IX и X, табл. 46 и первую статью).

Опыт системы элементов,  
основанной на их атомном весе и химическом сходстве [.,].

[Д. Менделеева]

|      |        |               |           |             |          |
|------|--------|---------------|-----------|-------------|----------|
|      |        |               | Ti=50     | Zr=90       | ?=180    |
|      |        |               | V=51      | Nb=94       | Ta=182   |
|      |        |               | Cr=52     | Mo=96       | W=186    |
|      |        |               | Mn=55     | Rh=104,4    | Pt=197,4 |
|      |        |               | Fe=56     | R[о]u=104,4 | Ir=198   |
|      |        | Ni=Co=59      | Pl=106,6  | Os=199      |          |
| H=1  | [?=8]  | [?=22]        | Cu=63,4   | Ag=108      | Hg=200   |
|      | Be=9,4 | Mg=24         | Zn=65,2   | Cd=112      |          |
|      | B=11   | Al=27,4       | ?=68      | Ur=116      | Au=197?  |
|      | C=12   | Si=28         | ?=70      | Sn=118      |          |
|      | N=14   | P=31          | As=75     | Sb=122      | Bi=210?  |
|      | O=16   | S=32          | Se=79,4   | Te=128?     |          |
|      | F=19   | Cl=35,5       | Br=80     | J=127       |          |
| Li=7 | Na=23  | K=39          | Rb=85,4   | Cs=133      | Tl=204   |
|      |        | Ca=40         | Sr=87,6   | Ba=137      | Pb=207   |
|      |        | ?=45          | Ce=92     |             |          |
|      |        | ? Er=56 [?]   | La=94     |             |          |
|      |        | ? Yt=60 [?]   | Di=95     |             |          |
|      |        | ? In=75,6 [?] | ?]Th=118? |             |          |

[18  $\frac{II}{17}$  69.]

Д. Менделеев.

Таблица 34

(ср. фотокопии V, стр. 90—91 и XI, стр. 135)

Корректорная правка, произведенная Д. И. Менделеевым в листке с «Опытом системы элементов».

Конец февраля 1869 г.

В квадратные скобки поставлено опущенное при корректуре; жирным шрифтом— добавленное при корректуре (кроме заглавия).

## ДОПОЛНЕНИЯ К ГЛАВЕ IV

[Д о п. 27]. Название первой статьи: «Соотношение свойств с атомным весом элементов»

(К стр. 95)

Самое название первой статьи Дм. Ив. о периодическом законе могло не отразить содержания открытого закона, а также названия листка, сданного уже в набор. В листке система элементов именуется «основанной на их атомном весе и химическом сходстве».

Химическое сходство элементов есть сходство их химических свойств. Следовательно, если основой системы элементов послужили 1) *атомные веса элементов* и 2) *сходство их свойств*, то между атомными весами и свойствами элементов должна быть определенная зависимость, определенное *соотношение*. Иначе атомные веса и свойства не могли бы послужить общей, единой основой для системы элементов

Отсюда логически возникло у Дм. Ив. название статьи.

[Д о п. 28]. Сдваивание рядов и выключение из системы «сомнительных» элементов.

Расшифровка фотокопии VI

(К стр. 103)

Оригинал фотокопии VI хранится в Музее-архиве Д. И. Менделеева при Ленинградском университете.

Табл. 35 раскрывает общий принцип и порядок сдваивания больших периодов и отсечение «сомнительных» элементов, а также Н от системы, исходя из «Опыта системы элементов» (ср. с фотокопией V). Вместе с тем при таком сдваивании изменяется и первоначальный стержень всей системы. Сопоставленные непосредственно друг с другом полярно противоположные группы элементов — галоиды (галогены) и щелочные металлы — теперь расходятся и становятся по противоположным краям системы в соответствии с их собственной полярностью.

В табл. 36 показано самое начало сдваивания рядов путем снятия трех элементов с верхнего края системы (Ti, V, Zr) и переноса их в центральную ее часть, туда, где они уже ставились Дм. Ив. ранее (см. фотокопии III и IV). Эти обратные перестановки изображены следующим образом: названные три элемента на тех местах, на которых они стояли в «Опыте системы элементов» и с которых они были теперь сняты, заключены в квадратные скобки; на тех же местах, куда они были передвинуты, они отмечены курсивом.

(Заметим, что здесь перенос производился налево вниз.)

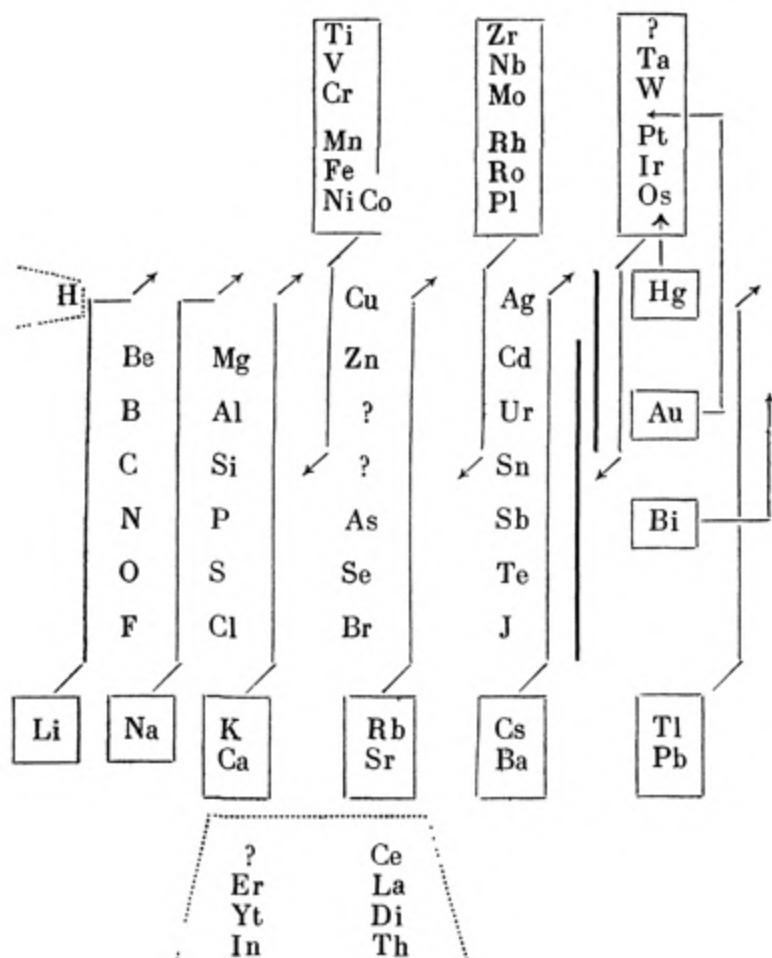


Таблица 35  
(см. фотокопию V, стр. 90—91 и XI, стр. 136)

Общая схема сдвигания больших периодов в «Опыте системы элементов». Образование трех промежуточных столбцов и одного крайнего.

Стрелками указывается направление переноса элементов с окраин таблицы в ее середину: сверху налево вниз и снизу направо вверх; пунктирными линиями отделены элементы, не находящие определенного места в системе; вертикальные жирные линии указывают на отсутствие верхней или нижней части вновь образуемого столбца.

Следующий шаг мог быть таким (см. табл. 37): Дм. Ив. «отрезал» всю нижнюю «окраину» системы, состоящую из семи элементов, частью с сомнительными атомными весами (In, Yt,

|    |    |    | [Ti]      | [Zr]        | ?  |
|----|----|----|-----------|-------------|----|
|    |    |    | [V]       | Nb          | Ta |
|    |    |    | Cr        | Mo          | W  |
|    |    |    | Mn        | Rh          | Pt |
|    |    |    | Fe        | Ro          | Ir |
|    |    |    | NiCo      | Pl          | Os |
| H  |    |    | Cu        | Ag          | Hg |
|    | Be | Mg | Zn        | Cd          |    |
|    | B  | Al | ?         | Ur          | Au |
|    | C  | Si | <i>Ti</i> | <i>? Zr</i> | Sn |
|    | N  | P  | <i>V</i>  | As          | Sb |
|    | O  | S  |           | Se          | Te |
|    | F  | Cl |           | Br          | J  |
| Li | Na | K  | Rb        | Cs          | Tl |
|    |    | Ca | Sr        | Ba          | Pb |
|    |    |    | ?         |             |    |
|    |    |    | Ce        |             |    |
|    |    |    | Er        |             |    |
|    |    |    | Yt        |             |    |
|    |    |    | In        |             |    |
|    |    |    | Th        |             |    |

Таблица 36

(см. фотокопии VI, стр. 101 и XI, стр. 135)

Начало составления второго варианта системы. Восстановление двух промежуточных столбцов (63 элемента).

Конец февраля 1869 г.

Ломаной линией вверху отделены элементы, перенесенные с окраины системы в ее центральную часть (изменение, внесенное в «Опыт системы элементов»); в квадратные скобки поставлены элементы, снятые со своих мест в системе; курсивом — передвинутые на новые места.

Er, Th), частью не нашедших своего места в системе (Ce, La, Di, а также и H). Все эти восемь элементов он не включил в составляемый второй вариант системы элементов.

Две нижние строки образовавшейся урезанной таблицы, заключающие группу K и группу Ca, Дм. Ив. перенес наверх, поместив их на пустующие места в ряду Cu, Ag, Hg и в ряду Be, Mg, Zn, Cd.

Таким образом, в итоге всех этих переносов оказалась отрезанной вся нижняя часть таблицы, расположенная ниже группы галоидов. При этом Li и Na встали над Be и Mg; K, Ca и ? = 45 — вверху первого промежуточного столбца (над Ti и V), а Rb и Sr — вверху второго промежуточного столбца (над Zr).

Cs и Ba составили верхнюю часть вновь образовавшегося третьего промежуточного столбца (между Ag и Hg), а Tl и Pb — вновь образовавшегося четвертого столбца, оказавшегося уже не промежуточным, а крайним, стоящим на правом краю таблицы.





|    |    | [Cr]<br>[Mn]<br>[Fe]<br>[NiCo] |    |           | [Mo]<br>[Rh]<br>[Ru]<br>[Pl] |    |           | [Pt]<br>[Ir]<br>[Os] |    |  |
|----|----|--------------------------------|----|-----------|------------------------------|----|-----------|----------------------|----|--|
| Li | Na | K                              | Cu | Rb        | Ag                           | Cs |           | Hg                   | Tl |  |
| Be | Mg | Ca                             | Zn | Sr        | Cd                           | Ba |           |                      | Pb |  |
| B  | Al | ?                              | ?  |           | Ur                           |    |           | Au                   |    |  |
| C  | Si | Ti                             | ?  | Zr        | Sn                           |    | ?         |                      |    |  |
| N  | P  | V                              | As | Nb        | Sb                           |    | Ta        | Bi                   |    |  |
| O  | S  |                                | Se |           | Te                           |    | W         |                      |    |  |
| F  | Cl |                                | Br |           | J                            |    |           |                      |    |  |
|    |    | <i>Cr</i>                      |    | <i>Mo</i> |                              |    |           |                      |    |  |
|    |    | <i>Mn</i>                      |    | <i>Rh</i> |                              |    | <i>Pt</i> |                      |    |  |
|    |    | <i>Fe</i>                      |    | <i>Ro</i> |                              |    | <i>Ir</i> |                      |    |  |
|    |    | <i>NiCo</i>                    |    | <i>Pl</i> |                              |    | <i>Os</i> |                      |    |  |

Таблица 38

(см. фотокопии VI, стр. 101, и XI, стр. 135)

Достройка двух промежуточных столбцов во втором варианте системы (55 элементов).

Линией вверху отделены элементы, перенесенные с окраины системы в ее центральную часть (изменение, внесенное в «Опыт системы элементов»); в квадратные скобки поставлены элементы, снятые со своих мест в системе; курсивом — передвинутые на новые места.

Затем Дм. Ив., продолжая перенос элементов налево вниз, поставил пять элементов (семейство Fe), стоявших еще над Cu, в самый низ первого промежуточного столбца, ниже строки галлоидов (см. табл. 38).

Точно так же четыре элемента (семейство Pl), стоявшие над Ag, были перенесены в самый низ второго промежуточного столбца, а три элемента (семейство Pt), стоявшие над Hg, были перенесены под W.

При этом перенесенные сверху вниз три семейства будущей 8-й группы расположились относительно друг друга внизу таблицы совершенно так же, как они были расположены до этого в ней наверху.

Наконец, Дм. Ив. ликвидировал вовсе тот столбец, который был последним в «Опыте системы элементов» и от которого после перенесения вниз семейства Pt осталось лишь три элемента: Hg, Au и Bi. При этом Дм. Ив. поставил Au над Pt, т. е. на то место, которое до этого занимал W; Bi был оторван от группы N, поставлен под Pb в группу B — Al; Hg была передвинута в самый низ последнего промежуточного столбца и поставлена на место Os под Ir, а Os передвинут выше и поставлен на одно место с Ir (см. табл. 39).

|    |    |      |    |    |    |    |        |      |    |
|----|----|------|----|----|----|----|--------|------|----|
| Li | Na | K    | Cu | Rb | Ag | Cs |        | [Hg] | Tl |
| Be | Mg | Ca   | Zn | Sr | Cd | Ba |        |      | Pb |
| B  | Al | ?    | ?  |    | Ur |    |        | [Au] | Bi |
| C  | Si | Ti   | ?  | Zr | Sn |    | ?      |      |    |
| N  | P  | V    | As | Nb | Sb |    | Ta     | [Bi] |    |
| O  | S  |      | Se |    | Te |    | W      |      |    |
| F  | Cl |      | Br |    | J  |    |        |      |    |
|    |    | Cr   |    | Mo |    |    | Au     |      |    |
|    |    | Mn   |    | Rh |    |    | Pt     |      |    |
|    |    | Fe   |    | Ro |    |    | OsIr   |      |    |
|    |    | NiCo |    | Pl |    |    | Hg[Os] |      |    |

Таблица 39

(см. фотокопии VI, стр. 101, и XI, стр. 135).

Достройка последнего промежуточного столбца во втором варианте системы. Завершение всей таблицы (55 элементов)

В квадратные скобки заключены элементы, снятые со своих мест в «Опыте системы элементов», и перечеркнутый осмий; курсивом отмечены переставленные элементы.

|    |    |      |    |    |    |    |      |    |
|----|----|------|----|----|----|----|------|----|
| Li |    | K    |    | Rb |    | Cs |      | Tl |
|    | Na |      | Cu |    | Ag |    | ?    |    |
| Be |    | Ca   |    | Sr |    | Ba |      | Pb |
|    | Mg |      | Zn |    | Cd |    | ?    |    |
| B  |    | ?    |    | ?  |    | ?  |      | Bi |
|    | Al |      | ?  |    | Ur |    | ?    |    |
| C  |    | Ti   |    | Zr |    |    |      |    |
|    | Si |      | ?  |    | Sn |    | ?    |    |
| N  |    | V    |    | Nb |    | ?  |      |    |
|    | P  |      | As |    | Sb |    | Ta   |    |
| O  |    | ?    |    | ?  |    | ?  |      |    |
|    | S  |      | Se |    | Te |    | W    |    |
| F  |    | ?    |    | ?  |    | ?  |      |    |
|    | Cl |      | Br |    | J  |    | ?    |    |
|    |    | Cr   |    | Mo |    |    | Au   |    |
|    |    | Mn   |    | Rh |    |    | Pt   |    |
|    |    | Fe   |    | Ro |    |    | OsIr |    |
|    |    | NiCo |    | Pl |    |    | Hg   |    |

Таблица 40

(см. фотокопию VI, стр. 101).

Окончательное распределение элементов во втором варианте системы элементов (55 элементов).

Жирным шрифтом набраны вопросительные знаки, отсутствовавшие в «Опыте системы элементов».

В табл. 40 отражен заключительный момент составления данного варианта системы. Эта таблица есть окончательная расшифровка фотокопии VI. От нее Дм. Ив. пошел дальше в основном в двух направлениях (см. фотокопии VII и VIII и табл. 47).

[Д о п. 29]. Переход от таблицы горизонтального типа к таблице вертикального типа со сдвоенными рядами.

### Расшифровка фотокопии VII

(К стр. 104)

Оригинал фотокопии VII хранится в Музее-архиве Д. И. Менделеева при Ленинградском университете [8, 24—25].

| Н  |     |      |     |      |      |     |
|----|-----|------|-----|------|------|-----|
| Li | Be  | B    | ∕C  | N    | O    | F   |
| Na | Mg  | Al∖  | Si  | P    | S    | Cl  |
| K  | ∕Ca | ?    | ∕Ti | ∕V   | ∕?   | [?] |
| Cu | Zn  | [?]∖ | [?] | As   | Se   | Br  |
| Rb | ∕Sr | [?]  | ∕Zr | ∕Nb  | ∕[?] | ?   |
| Ag | Cd  | Ur∖  | Sn  | Sb   | Te   | J   |
| Cs | ∕Ba | [?]  | [?] | ∕[?] | [?]  | ?   |
| ?  | ?   | ∕?   | ?   | Ta   | W    | ?   |
| Tl | ∕Pb | Bi   |     |      |      |     |

Таблица 41

(см. фотокопию VII, стр. 104—105).

Составление основы третьего (вертикального) варианта системы элементов из верхней части второго (горизонтального) ее варианта. Добавление Н. Разделение рядов на четные (∕) и нечетные (∖). (42 элемента.)  
Конец февраля 1869 г.

Жирным шрифтом отмечен водород, которого не было во втором варианте; в квадратные скобки поставлены знаки вопроса, стоявшие во втором варианте. Три вертикальные черточки справа указывают на незаконченность ряда.

Табл. 41 отражает начало образования короткой системы элементов вертикального типа. Такая таблица получится, если верхнюю часть табл. 40 переписать в следующем порядке: первый столбец Li — F сделать первой строкой новой таблицы:

Li Be B C N O F.

Под ним следует столбец Na — Cl, который, таким образом, становится второй строкой нового варианта системы, и т. д. В табл. 41 в отличие от табл. 40 элементы, приподнятые ранее на полстрочки, отмечены знаком ∕, а опущенные на полстрочки — знаком ∖.

Если в табл. 40 не производить вообще никаких изменений, кроме включения в нее Н, то после превращения ее в горизон-

тальную она примет вид, изображенный ниже (см. табл. 45), за вычетом In и Се.

Но Дм. Ив. не могло удовлетворить то обстоятельство, что в двух предпоследних столбцах (шестом и седьмом, если считать слева направо) оказалось слишком много свободных мест: два в ряду К, два в ряду Rb и одно в ряду Та — W.

В связи с этим у него возникла мысль заполнить эти места первыми членами семейств, следовавшими за ними, т. е. расположенными в табл. 40 ниже строчки галоидов; в табл. 41 они должны были бы стоять правее столбца галоидов, за вертикальными линиями (ср. с табл. 45).

Другими словами, встала задача «вдвинуть» в середину таблицы те строки элементов, которые слишком далеко выступали наружу, т. е. оказались как бы на отлете по сравнению с основной частью таблицы элементов.

В соответствии с этим Дм. Ив. «вдвинул» строку Cr, Mn, Fe, Ni, Co в таблицу так, что Cr стал на место между S и Se, а Mn — между Cl и Br; строка Mo, Ro, Ru, Pl была «вдвинута» в таблицу столь же глубоко, так что Cr и Mo оказались снова в одной группе (в данном случае — в одном столбце) с W, как и в «Опыте системы элементов». Но следующее за Mo место между Br и J осталось пока не заполненным (см. табл. 42).

|    |     |    |     |     |      |    |
|----|-----|----|-----|-----|------|----|
|    |     |    | H   |     |      |    |
| Li | Be  | B  | ∕C  | N   | O    | F  |
| Na | Mg  | Al | ∕Si | P   | S    | Cl |
| K  | ∕Ca | ?  | ∕Ti | ∕V  | ∕?Cr | Mn |
| Cu | Zn  | —  | —   | As  | Se   | Br |
| Rb | ∕Sr | —  | ∕Zr | ∕Nb | ∕Mo  | ?  |
| Ag | Cd  | Ur | ∕Sn | Sb  | Te   | J  |
| Cs | ∕Ba | —  | —   | —   | —    | ?  |
| ?  | ?   | —? | —?  | Ta  | W    | ?  |
| Tl | ∕Pb | Bi | —   | —   | —    | —  |

Таблица 42  
(см. фотокопию VII, стр. 104—105).

Включение трех элементов в середину третьего варианта системы.

В четных рядах 23 элемента, в нечетных — 21, без H (45 элементов). Жирным шрифтом набраны элементы, добавленные по сравнению с предыдущей таблицей.

На этой стадии составления третьего варианта системы Дм. Ив. подсчитал общее число элементов в четных (∕) и нечетных (∖) рядах, кроме H, вынесенного за пределы основной таблицы. Четных оказалось 23, нечетных — 21, всего 44. Соответствующую запись он сделал на нижней части таблицы (см. фотокопию VII).

Однако очевидно, что Та следовало считать полным аналогом Nb, а не Sb и As. В связи с этим Дм. Ив. поставил у Та, а потому и у W знак ( $\diagup$ ) такой же, какой стоял у V и Nb, равно как у Cr и Mo.

Тем самым предпоследний снизу ряд в системе элементов, начинающийся знаком ?, оказался превращенным из нечетного, каким он был сначала, в четный (см. табл. 43).

|    |              |                               |              |              |               |    |         |    |    |
|----|--------------|-------------------------------|--------------|--------------|---------------|----|---------|----|----|
| Н  |              |                               |              |              |               |    |         |    |    |
| Li | Be           | B                             | $\diagup$ C  | N            | O             | F  |         |    |    |
| Na | Mg           | Al $\diagdown$                | Si           | P            | S             | Cl |         |    |    |
| K  | $\diagup$ Ca | ?                             | $\diagup$ Ti | $\diagup$ V  | $\diagup$ ?Cr | Mn | Fe      | Ni | Co |
| Cu | Zn           | — $\diagdown$                 | —            | As           | Se            | Br |         |    |    |
| Rb | $\diagup$ Sr | —                             | $\diagup$ Zr | $\diagup$ Nb | $\diagup$ Mo  | ?  | Ro      | Ru | Pt |
| Ag | Cd           | Ur $\diagdown$                | Sn           | Sb           | Te            | J  |         |    |    |
| Cs | $\diagup$ Ba | —                             | —            | —            | —             | ?  |         |    |    |
| ?  | $\diagup$ ?  | — ? $\diagdown$ — $\diagup$ ? | $\diagup$ Ta | $\diagup$ W  | ?             |    | Ir = Os |    |    |
|    |              |                               |              |              |               | Hg |         |    |    |
| Tl | $\diagup$ Pb | Bi                            | —            |              |               |    |         |    |    |
|    |              | Au                            |              |              |               |    |         |    |    |

Таблица 43  
(см. фотокопию VII, стр. 104—105).

Превращение предпоследнего ряда элементов в третьем варианте системы из нечетного в четный. Помещение ртути в середину таблицы и остальных элементов, кроме платины, на ее края (55 элементов). Жирным шрифтом обозначено добавленное по сравнению с предыдущей таблицей.

Однако первоначально стоявший знак ( $\diagdown$ ) в этом ряду не был вычеркнут (см. фотокопию VII).

Вместе с тем Hg была «вдвинута» вслед за Mn в группу галоидов, хотя и поставлена немного ниже ряда Та, W, Ir и Os.

В результате семейства будущей восьмой группы (Fe, Pt и Pt) вплотную примкнули к основной части таблицы элементов, составив ее последний (восьмой по счету) столбец, в котором платина подразумевалась, но не была еще записана.

Что же касается Au, то его Дм. Ив. вновь передвинул в группу В — Al, поставив под Bi.

Наконец, около Bi, включенного в третий столбец, Дм. Ив. записал: «аналог бора?».

Вслед за тем Дм. Ив. продолжил включение еще двух элементов (Ro и Pt) в середину таблицы (см. табл. 44). Тем самым в последнем столбце оказалось уже не девять, а только семь элементов: Fe, Ni, Co; Ru, Pt; Ir = Os, а R и Pt заняли места в группе галоидов, подобно Mn.

|    |        |      |      |             |          |      |       |      |  |
|----|--------|------|------|-------------|----------|------|-------|------|--|
|    |        |      |      | H           |          |      |       |      |  |
| Li | Bc     | B    | //C  | N           | O        | F    |       |      |  |
| Na | Mg     | Al\\ | Si   | P           | S        | Cl   |       |      |  |
| K  | //Ca   | ? \\ | //Ti | //V         | //?Cr    | Mn   | Fe    | NiCo |  |
| Cu | Zn     | —//  | —    | As          | Se       | Br   |       |      |  |
| Rb | //Sr   | ———  | //Zr | //Nb        | //Mo [?] | Ro   | [Ro]  | RuPl |  |
| Ag | Cd     | Ur\\ | Sn   | Sb          | Te       | J    |       |      |  |
| Cs | //Ba   | ———  | ———  | ———         | ———      | ?    |       |      |  |
| ?  | [//],? | -?\\ | //?  | [//]Ta      | //W [?]  | Pt   | Ir=Os |      |  |
|    |        |      |      |             |          | [Hg] |       |      |  |
| Hg | Tl     | //Pb | Bi   | ———[Bi?]——— | ?        |      |       |      |  |
| Au |        | [Au] |      |             |          |      |       |      |  |

Таблица 44  
(см. фотокопию VII, стр. 104—105).

Включение еще двух элементов в середину таблицы. Завершение третьего варианта системы элементов (56 элементов).

В квадратные скобки поставлено зачеркнутое; курсивом отмечено передвинутое по сравнению с предыдущей таблицей; жирным шрифтом — добавленное вновь; в пунктирные рамки заключено то, что обведено в оригинале кружком.

Одновременно с этим Дм. Ив. вычеркнул Hg из группы галлоидов, записав: «Этого {элемента} полож{ение} неверно».

В свою очередь было обведено кружком Au, поставленное вначале под Вi, что указывало, по-видимому, на сомнительность его положения в этом месте. Оба металла (Hg и Au) были записаны затем вне таблицы, на ее полях, левее Tl.

Вместе с тем Дм. Ив. сделал снова попытку поставить  $\bar{V}_i$  в одну группу с  $N$  и  $P$ , но он записал здесь  $\bar{V}_i$  под знаком вопроса, а затем обвел его кружком, указывая этим на сомнительность его положения в данном месте.

Наконец, Дм. Йв. вновь изменил знаки в ряду Та — W: он зачеркнул [//] у ? = 170 под Ва и у Та, оставив знак \ у ? = 175 над Vi.

Смысл этого изменения Дм. Ив. пояснил так: « $W=186$ . Должен пред{ставлять} ана{логию} с S, Se, Te» (см. фотокопию VII). Следовательно, W, как он полагал, нельзя считать аналогом Cr и Mo, как это было сделано в «Опыте системы элементов».

Иначе говоря, в итоге составления третьего варианта системы элементов Дм. Ив. вновь пришел к тому же выводу, какой он сделал при составлении ее второго варианта, а именно, что W надо ставить в один ряд с S, Se и Te, но не с Cr и Mo.

Только позднее Дм. Ив. восстановил правильное расположение элементов в этой части своей системы и снова составил ряд (подгруппу) Cr, Mo и W. Внизу таблицы Дм. Ив. поставил 7 элементов, временно из нее выключенных.

[Д о п. 30]. **Первая система элементов с атомными объемами.**  
**Расшифровка фотокопии VIII**  
*(К стр. 109)*

Оригинал фотокопии хранится в Музее-архиве Д. И. Менделеева при Ленинградском университете.

Изменения, произведенные в табл. 45 по сравнению с фотокопией VI, отмечены так: жирным шрифтом выделены элементы, отсутствовавшие в табл. 40, а курсивом — переставленные.

|    |    |    |    |    |    |    |      |    |    |    |
|----|----|----|----|----|----|----|------|----|----|----|
|    |    |    | H  |    |    |    |      |    |    |    |
| Li | Be | B  | C  | N  | O  | F  |      |    |    |    |
| Na | Mg | Al | Si | P  | S  | Cl |      |    |    |    |
| K  | Ca | ?  | Ti | V  | ?  | ?  | Cr   | Mn | Fe |    |
|    |    |    |    |    |    |    | NiCo |    |    |    |
| Cu | Zn | —  | —  | As | Se | Br |      |    |    |    |
|    | In |    |    |    |    |    |      |    |    |    |
| Rb | Sr | —  | Zr | Nb | ?  | ?  | Mo   | Rh | Ru | Pt |
|    |    |    |    |    |    |    | Ce   |    |    |    |
| Ag | Cd | Ur | Sn | Sb | Te | J  |      |    |    |    |
| Cs | Ba | —  | —  | —  | —  | —  |      |    |    |    |
| —  | —  | —  | —  | Ta | W  | —  | Pt   | Ir | Os |    |
|    |    |    |    |    |    |    | Hg   | Au |    |    |
| Tl | Pb | Bi | —  | —  | —  | —  |      |    |    |    |

*Таблица 45.*  
*(с.м. фотокопию VIII, стр. 105).*

Включение индия и церия в первоначальную основу третьего варианта системы элементов (58 элементов).

Конец февраля или начало марта 1869 г. (?).

Курсивом отмечено передвинутое по сравнению со вторым вариантом; жирным шрифтом — добавленное вновь.

По сравнению с фотокопией VI здесь Rh и Ru поменялись своими местами, а Au вновь поставлено после Pt, Ir, Os и Hg. Кроме того, в табл. 45 отсутствует указание на чередование рядов. По сравнению же с фотокопией VII здесь сделана попытка включить в систему не только H, но и Ce и In.

Фотокопия VIII показывает, что Дм. Ив. пытался уже на самых ранних этапах открытия периодического закона ввести в свою систему элементов не только атомные веса, но и атомные объемы в качестве физической функции атомных весов. Таблица, изображенная на этой фотокопии, озаглавлена соответственно так: «Удельные веса и удельные объемы». (Напомним, что значение удельного или атомного — в случае простых веществ — объема выводится путем деления атомного веса элемента на удельный вес данного простого вещества.)



Примерная дата составления данной таблицы определяется путем сравнения приведенных на ней величин с другими источниками, время написания которых известно (см. [доп. 29], [доп. 40] и особенно [доп. 53]).

[Д о п. 31]. Разделение «легких» элементов на четно- и нечетноатомные. Расшифровка фотокопии IX  
(*Р стр. 110*)

Оригинал фотокопии IX хранится в Музее-архиве Д. И. Менделеева при Ленинградском университете.

| Нечетноатомные | Двуатомные                   |
|----------------|------------------------------|
| H = 1          | H <sub>2</sub> = 2           |
| —6             | —7                           |
| Li = 7 —6?     | Be = 9                       |
| —4             | —3                           |
| B = 11 10?     | C = 12                       |
| —3             | недостает $x = 20$ . [F] ?   |
| N = 14         | O = 16                       |
| —5             | —8                           |
| F = 19         | Mg = 24                      |
| —4             | 4                            |
| Na = 23        | Si = 28                      |
| —4             | —4                           |
| Al = 27        | S = 32                       |
| —4             | недостает $x = 36$ . —?[Cl]? |
| P = 31         | —8                           |
| —4             | Ca = 40                      |
| Cl = 35        | Ti = 50                      |
| —4             |                              |
| K = 39         | Fe = 56                      |

Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

Таблица 45а  
(см. фотокопию IX, стр 107).

Разделение «легких» элементов на нечетно- и четно- (или дву-) атомные.  
Предвидение трех элементов из будущей нулевой группы  
(20 элементов + 3 предположительных).  
Конец февраля 1869 г.

Табл. 45а образовалась в результате подразделения общего ряда элементов, расположенных по величине атомного веса, на элементы с четной атомностью (т. е. дающие соединения состава  $RX_2$  и  $RX_4$ , а также  $RX_6$ ) и с нечетной атомностью (т. е. дающие соединения состава  $RX$  и  $RX_3$ , а также  $RX_5$ ).

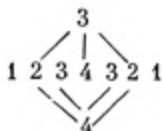
Возможно, что в такой ряд Дм. Ив. расположил карточки следующих легких элементов:

H Li Be B C N O F Na Mg Al Si P S Cl K Ca Ti [V Cr Fe

После этого все подчеркнутые элементы с нечетной атомностью были сдвинуты в сторону и образовали один столбец, а неподчеркнутые элементы остались на своих местах и образовали второй столбец.

При этом V выпал вовсе, а Cr был записан на полях в виде окисла  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ , указывающего на его нечетную атомность. (Оба выпавшие из ряда элемента — V и Cr — взяты здесь поэтому в квадратные скобки.) Но возможно, что Дм. Ив. шел непосредственно от таблицы, изображенной на фотокопиях V и XI.

Анализируя первые три ряда элементов, а также ряд Ag—J в одной из предшествующих таблиц (см. фотокопию VII) в отношении того, как в этих рядах чередуются четная и нечетная атомность, Дм. Ив. составил следующую схему (см. фотокопию IX; табл. 45а):



Эта схема показывает, что в каждом ряду имеется по четыре нечетноатомных элемента и по три четноатомных и что значение атомности сначала возрастает от 1 (у Li, Na, K; Ag) до 4 (у C, Si, Ti; Sn), а затем снова падает до 1 (у F, Cl; J).

Мы не останавливаемся здесь на исключительно интересном предвидении Дм. Ив. «недостающих» элементов  $x = 20$  и  $x = 36$  (будущих неона и аргона) и элемента, обозначенного через  $\text{H}_2 = 2$  (будущего гелия)<sup>1</sup>.

[Д о л. 32]. Схема «сдваивания» больших периодов (рядов).

Расшифровка фотокопии X

(К стр. 110)

Оригинал фотокопии X хранится в Музее-архиве Д. И. Менделеева при Ленинградском университете. Листик бумаги с этой табличкой вклеен перед стр. 7 тома 1010 личной библиотеки Дм. Ив., который содержит 2-ю часть «Основ химии» 1-го издания [8, 20—21].

<sup>1</sup> Этому вопросу была посвящена наша статья «Периодический закон Д. И. Менделеева и инертные газы» [21, 95—114].

|      | F    | Cl   | Br | J  |       |
|------|------|------|----|----|-------|
| {Li} | Na   | K    | Rb | Cs | Cu Ag |
|      | [Li] | [Na] |    |    |       |
|      | Mg   | Ca   | Sr | Ba | Zn Cd |

Таблица 456

(см. фотокопию X, стр. 109).

Общая схема «сдвигания» больших периодов в системе (17 элементов),  
Конец февраля 1869 г.

Ломаная линия указывает, что элементы, отделенные ею, должны быть поставлены внутри остальной части таблицы между столбцами Cl—Ca, Br—Sr и J—Ba; в квадратные скобки заключены символы, перечеркнутые, или «перекрытые», другими; в фигурные скобки поставлен Li, который оказался отрезанным при переплетении книги, куда был влетен данный листок.

Табл. 456 показывает, что Cu должна стать между K и Rb, Ag — между Rb и Cs, Zn — между Ca и Sr, а Cd — между Sr и Ba.

[Д о п. 33]. «Первая проба» расположения всех элементов  
в последовательный ряд по величине атомных весов  
(К стр. 111)

Когда периодический закон был открыт, Дм. Ив. обнаружил, что к его формулировке можно прийти следующим образом: надо расположить все элементы в один общий ряд в порядке их атомных весов, и тогда окажется, что сходные элементы периодически повторяются в этом ряду после определенного интервала. В своей первой статье о сделанном открытии Дм. Ив. говорит о «первой пробе» такого рода.

Легко показать, что такая проба была сделана не *до* открытия периодического закона и не *во время* его открытия, а *после* его открытия. Ибо в начале этого открытия бериллию приписывался атомный вес 14, и Be ставился не между Li и B в группе щелочноземельных металлов, а в намечавшейся было группе вместе с Al, Fe и Ce (см. фотокопии III и IV). В связи с этим места между Li и B и между Mg и Si первоначально оставались свободными. Лишь позднее, когда Дм. Ив. сделал уже немало проб распределения элементов, Be и Al встали на те места, какие отведены им в приведенных выше рядах элементов. Точно так же Uг = 116 был поставлен между Cd = 112 и Sn = 118 лишь к концу создания периодической системы (см. фотокопию IV), а до этого данное место было пустым, причем атомный вес урана Дм. Ив. принимал равным 120, а не 116.

Все это доказывает, что приведенные в статье Дм. Ив. четыре ряда элементов, равно как и самые таблицы (см. фотокопии VI, VII и VIII), откуда они взяты, были составлены не до, а после 17 февраля 1869 г.

Таким образом, выражение Дм. Ив. «первая проба» надо понимать так, что это была первая *после* открытия периодического закона попытка расположить элементы в единый последовательный ряд в порядке возрастания их атомных весов.

[Д о п. 34]. «Длинная» система с прерванными малыми периодами  
(К стр. 115)

|       |             |           |             |             |           |               |
|-------|-------------|-----------|-------------|-------------|-----------|---------------|
|       | <i>Li</i>   | <i>Na</i> | <i>K</i>    | <i>Rb</i>   | <i>Cs</i> | <i>Tl</i>     |
|       |             |           | <i>Ca</i>   | <i>Sr</i>   | <i>Ba</i> | <i>Pb</i>     |
|       |             |           | <i>Ti</i>   | <i>Zr</i>   | ?         |               |
|       |             |           | <i>V</i>    | <i>Nb</i>   | <i>Ta</i> |               |
|       |             |           | <i>Cr</i>   | <i>Mo</i>   | <i>W</i>  |               |
|       |             |           | <i>Mn</i>   | <i>Rh</i>   | <i>Pt</i> |               |
|       |             |           | <i>Fe</i>   | <i>Ru</i>   | <i>Ir</i> |               |
|       |             |           | <i>NiCo</i> | <i>Pl</i>   | <i>Os</i> |               |
|       |             |           | <i>Cu</i>   | <i>Ag</i>   | <i>Hg</i> |               |
| [H]   | <i>Be</i>   | <i>Mg</i> | <i>Zn</i>   | <i>Cd</i>   |           |               |
|       | <i>B</i>    | <i>Al</i> | ?           | <i>Ur</i>   | <i>Au</i> |               |
|       | <i>C</i>    | <i>Si</i> | ?           | <i>Sn</i>   |           |               |
|       | <i>N</i>    | <i>P</i>  | <i>As</i>   | <i>Sb</i>   | <i>Bi</i> |               |
|       | <i>O</i>    | <i>S</i>  | <i>Se</i>   | <i>Te</i>   |           |               |
|       | <i>F</i>    | <i>Cl</i> | <i>Br</i>   | <i>J</i>    |           |               |
| <hr/> |             |           |             |             |           |               |
|       | [ <i>Li</i> | <i>Na</i> | <i>K</i>    | <i>Rb</i>   | <i>Cs</i> | [ <i>Tl</i> ] |
|       |             |           | <i>Ca</i>   | <i>Sr</i>   | <i>Ba</i> | <i>Pb</i> ]   |
|       |             |           | [?] [Ce]    |             |           |               |
|       |             |           | [ <i>Er</i> | <i>La</i>   |           |               |
|       |             |           | <i>Yt</i>   | <i>Di</i>   |           |               |
|       |             |           | [ <i>In</i> | <i>Th</i> ] |           |               |

Таблица 46  
(см. фотокопию XI, стр. 135).

Четвертый вариант системы: «длинная» таблица элементов с растянутыми малыми периодами.

Конец февраля — начало марта 1869 г. (?).

Чертой отделена нижняя часть «Опыта системы элементов», полностью расформированная; пунктирными ломаными линиями отделены элементы, временно исключенные из таблицы; в квадратные скобки поставлены элементы, снятые с их мест в «Опыте системы элементов»; курсивом — переставленные на новые места.

В табл. 46 показывается, каким образом из «Опыта системы элементов» (см. фотокопию XI) получается четвертый вариант системы. В результате переноса групп К и Са без изменения, т. е. в виде таких же двух строчек, на самый верх таблицы имеем: Li оказывается высоко над Be; Na — высоко над Mg; К и Са (или же К, Са и ? = 45) примыкают непосредственно к Ti, становясь над ним; Rb и Sr становятся над Zr; Cs и Ba — над ? = 180 и Ta, а Tl и Pb открывают собою новый столбец.

В своей первой статье о периодическом законе Дм. Ив. привел сходный с табл. 46 вариант системы элементов [2, 10]. По сравнению с табл. 46 здесь оказался, по-видимому, чисто случайно, выпавшим {Ca}: на его месте не оказалось ни символа элемента, ни черточки. Позднее Дм. Ив. исправил этот пропуск (см. [2, 283]).

Кроме того, строчку Cr, Mo надо поменять местами со строчкой V, Nb, Ta. По-видимому, здесь сказалось то обстоятельство, что Cr, Mo, W стояли над (а не под) V, Nb, Ta в полной черновой таблице (см. фотокопию IV).

Наконец, вместо W Дм. Ив. поставил черту, показывая этим, что W отсюда он куда-то перенес. Но перенести его можно было лишь при составлении короткой таблицы элементов, со сдвоенными рядами (см. фотокопии VI и VIII), а в длинной таблице W = 186 можно было поместить только в ряду Cr и Mo, под Ta = 182.

**[Д о п. 35]. «Длинная» таблица без выделения малых периодов. Общая схема вариантов системы**  
(К стр. 118)

В табл. 47 показано образование «длинного» варианта системы путем постановки одного малого периода над другим. Соответственно этому столбец Li — F ставится целиком над соседним с ним столбцом Na — Cl; столбец К — V (без его нижнего конца, т. е. без семейства Fe) — над столбцом Cu — Br; столбец Rb — Nb (тоже без его нижнего конца, т. е. без семейства Pt) — над столбцом Ag — J; столбец Cs — Ba (также без его нижнего конца, т. е. без семейства Pt) — над столбцом Ta — W.

Оставшиеся на прежних местах концы каждого из трех перенесенных наверх столбцов отмечены звездочками в фигурных скобках и отделены чертой от остальной части таблицы. Теми же звездочками отмечено место, куда должны были бы поместиться эти «концы», т. е. три семейства Fe, Pt и Pt, внутри таблицы, а именно: семейство Fe (отмечено одной звездочкой) становится над Cu, семейство Pt (отмечено двумя звездочками) — над Ag,

семейство Pt (отмечено тремя звездочками) — между Ba и Ta. Этот пример свидетельствует о том, какие трудности представляло для Дм. Ив. даже после открытия периодического закона размещение указанных трех семейств с примыкающими к ним элементами.

|           |           |           |           |           |
|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| <i>Li</i> | <i>K</i>  | <i>Rb</i> | <i>Cs</i> | <i>Tl</i> |
| <i>Be</i> | <i>Ca</i> | <i>Sr</i> | <i>Ba</i> | <i>Pb</i> |
| <i>B</i>  | ?         | ?         | —         | <i>Bi</i> |
| <i>C</i>  | <i>Ti</i> | <i>Zr</i> | —         |           |
| <i>N</i>  | <i>V</i>  | <i>Nb</i> | —         |           |
| <i>O</i>  | —         | —         | —         |           |
| <i>F</i>  | —         | —         | —         |           |
|           | {*}       | {*}       | {*}       |           |
|           |           | {*}       | {*}       |           |
| Na        | Cu        | Ag        | —         |           |
| Mg        | Zn        | Cd        | —         |           |
| Al        | ?         | Ur        | —         |           |
| Si        | ?         | Sn        | —         |           |
| P         | As        | Sb        | Ta        |           |
| S         | Se        | Te        | W         |           |
| Cl        | Br        | J         | —         |           |

|     |   |      |     |     |    |     |   |      |
|-----|---|------|-----|-----|----|-----|---|------|
| {*} | { | Cr   | {*} | {   | Mo | {*} | { | Au   |
|     |   | Mn   |     |     | Rh |     |   | Pt   |
|     |   | Fe   | {*} | {*} | Ro | {*} |   | OsIr |
|     |   | NiCo |     |     | Pl | {*} |   | Hg   |

Таблица 47

(с.м. фотокопию VI, стр. 101).

Вариант «длинной» таблицы элементов с поставленными один над другим малыми периодами.

Конец февраля 1869 г.

Курсивом набраны столбцы элементов, передвинутые вверх по сравнению с таблицей 40, которая изображена на фотокопии VI; фигурными скобками охвачены части больших периодов, подразумевавшиеся в опубликованной таблице в статье «Соотношение свойств с атомным весом элементов».

В табл. 47 из этих семейств образовалась такая же своего рода частичная табличка, которую мы видели на фотокопии IV, с добавлением Mo к семейству Pl и Au с Hg — к семейству Pt.

В итоге проделанной операции каждая строка прежней таблицы окончательно расщепляется надвое и в каждую из двух вновь образовавшихся строк попадают лишь полные аналоги, например: Be, Ca, Sr, Ba, Pb — во 2-й строчке сверху и Mg, Zn, Cd — в 6-й строчке снизу (считая от черты).

Общая схема вариантов системы (см. стр 547 этой книги) показывает, что от варианта № 1, представленного на фотокопиях V и XI, Дм. Ив. в течение последующих двух недель пошел по трем основным направлениям:

1) через *сдвигание* длинных рядов — к короткой таблице (см. фотокопии VI, № 2, и X, № 8) и далее — от горизонтальной короткой таблицы (см. фотокопию VI) по двум разным направлениям: а) к вертикальной короткой таблице (см. фотокопии VII, № 3, и VIII, № 3а) и б) через обратное построение длинных рядов — вновь к горизонтальной длинной таблице (см. табл. 47, №7);

2) через *раздвижение* полярно противоположных групп (галлоидов и щелочных металлов) и постановку их по краям системы — к усовершенствованной длинной горизонтальной таблице (табл. 46, № 4) и далее к включению в нее церия (№ 9),

3) через *вытягивание* всех элементов в один (№ 1а) или два (см. фотокопию IX, № 16) столбца или ряда и далее — от единого столбца или ряда (№ 1а) к волнообразной кривой (см. фотокопию Ха, № 11) или к спиралевидной кривой (№ 6).

Отличными от этих были не разработанные самим Дм. Ив. направления, ведущие к кубическому (объемному) варианту (№ 5) и к расщеплению сходных элементов по двум линиям — вертикальной и горизонтальной (№ 10) (см. «Список и общая схема вариантов системы» в конце книги).

#### [Д о п. 36] Черновик выводов из первой статьи.

##### Расшифровка фотокопии Ха

(К стр. 130)

В целях более глубокого разбора выводов, сделанных Дм. Ив. из своей первой статьи о периодическом законе, сопоставим расшифровку черновика этих выводов, т. е. фотокопии Ха, с опубликованным текстом этих выводов. Светлым шрифтом набран первоначальный текст выводов, написанный Дм. Ив. чернилами, жирным шрифтом — позднейшие вставки, которые он сделал карандашом. В квадратные скобки заключено зачеркнутое самим Дм. Ив. (см фотокопию Ха).

#### ЧЕРНОВИК [8, 28—29]:

«Сущность того, что хочу выразить в предлагаем{ой} статье, выражается в следующих выводах:

1) [Простые тела] Элем{енты}, расположенные по величине их атомного веса, представляют периодическую функцию так что если бы удалось выразить [свой...] химич{еские} свойства каж{дого} элемента числом, и если б по оси абсцисс отложить



пай, а за ординаты принять свойства, то получилась бы волнообразная кривая, [сходственная в начале], изгибы которой представляют сходство очертаний в разных частях кривой.

2) Сход{ственные} элементы или име{ют} близкие ат{омные} вес{а} Ni Co Pt Ir и др. или имею{т} яв{но} раз{личные}.

[2.] Группы сход{ных} элементов представляют сходственное измен{ение} в величине паев. Достаточно сличить { . . . }, чтобы видеть это. Такое сходство укрыва{ется}лось до сих пор от наблюдателей, зани{мающихся} этим пред{метом}, по той причине, что при сличении атом{ных} весов они не принимали во вним{ание} [законов] представ{ления} об истинных атом{ных} весах Жер{ара} и Канниц{аро}.

3) Сопостав{ление} элем{ентов} по их ат{омному} весу сопот{ветствует} отчасти их так называемой атомности и их полож{ению} в хим{ическом} ря{де}.

3) Распространеннейшие в прир{оде} простые тела, обладающие самот{оятельными} хим{ическими} функци{ями}, имею{т} [уд.] неболь{шой} атомный вес. Гомолог{ической} раз{ницы} нет.

4) Величина атомного веса определяет природу элемента, как велич{ина} частич{ного} веса определяет [сход] физич{еские} свойства тел и [их химич.] их количест{венные} отношения в хим{ических} реакциях.

5) Водород, имеющий наим{еньший} ат{омный} вес, по справедливости [сост] признается за

[Наиб] Мож{но} ждать еще много новых простых тел.

6) Если по сих пор природу слож{ных} тел старались определить а) [состав] свойствами элем{ентов} в них вход{ящих}, б) числом атомов, вход{ящих} в частицу, в) взаимодей{ствием} или влия{нием} элементов, вход{ящих} в состав и [d)] (сюда отно{сятся} и все пон{ятия} о строении), то ныне мне кажется следует обр{атить} еще вним{ание} d) на самый вес элементов, вход{ящих} в состав, и вообще на колич{ественную} сторону предмета. Их выв{од} в эт{их} послед{них} от{ношениях} [будет] пост{араюсь} сообщ{ить} Общ{еству} в од{ном} из послед{ующих} собр{аний}.

7) [Некот] Велич{ина} атом{ного} веса элем{ента} может быть исправлена, зная его сход{ство}. Так пай теллур{а} вероят{но} менее 128, а име{ет} вер{оятно} не более 126.

8) Сход{ство} нек{оторых} элем{ентов} пред{стает} из велич{ины} их ат{омного} веса. Так алюминий и уран сход{ственны} дол{жны} быть с бором судя по их атом{ному} весу (см. 7), если признать закон периодичности (1), что и подтв{ерждается} слич{анием} их [вели] соединений.

Цель моей статьи был{а} бы сов{ершенно} достиг{нута}, если бы мн{е} уд{алось} обратить внима{ние} на те числен-

и{ые} отношения, какие зам{етны} в пр{остых телах} и которые в их общ{ности,} сколь мне из{вестно,} не были еще указаны ране{е} и не привлекал{ись}».

### НАПЕЧАТАНО [2, 15—16]:

«В заключение считаю не лишним перечислить результаты вышесказанного:

1. Элементы, расположенные по величине их атомного веса, представляют явственную *периодичность* свойств.

2. Сходственные по химическим отправлениям элементы представляют или близкие атомные веса (подобно Pt, Ir, Os), или последовательно и однообразно увеличивающиеся (подобно K, Rb, Cs). Однообразие такого увеличения в разных группах укрывалось от предшествовавших наблюдений, п. ч. они при своих сличениях не воспользовались выводами Жерара, Реньо, Канниццаро и др., установившими истинную величину атомного веса элементов.

3. Сопоставление элементов или их групп по величине атомного веса соответствует так называемой *атомности* их и, до некоторой степени, различию химического характера, что видно ясно в ряде: Li, Be, B, C, N, O, F и повторяется в других рядах.

4. Распространеннейшие в природе простые тела имеют малый атомный вес, а все элементы с малым атомным весом характеризуются резкостью свойств. Они поэтому суть типические элементы. Водород, как легчайший элемент, по справедливости избирается как самый типический.

5. *Величина* атомного веса определяет характер элемента, как величина {веса} частицы определяет свойства сложного тела, а потому при изучении соединений должно обращать внимание не только на свойства и количество элементов, не только на их взаимодействие, но и на вес их атома. Оттого, например, соединения S и Te, Cl и J и т. п. при сходстве представляют и различия весьма ясные.

6. Должно ожидать открытие еще многих *неизвестных* простых тел, напр. сходных с Al и Si элементов с паям 65—75.

7. Величина атомного веса элемента иногда может быть исправлена, зная его аналогии. Так, пай Te должен быть не 128, а 123—126?

8. Некоторые *анalogии* элементов открываются по величине веса их атома. Так уран оказывается аналогом бора и алюминия, что и оправдывается сличением их соединений.

Цель моей статьи была бы совершенно достигнута, если бы мне удалось обратить внимание исследователей на те отношения в величине атомного веса *несходных* элементов, на которые,

сколько то мне известно, до сих пор не обращалось почти никакого внимания. Полагая, что в задачах этого рода лежит разрешение одних из наиболее важных вопросов нашей науки, я сам, лишь только позволит мне время, обращусь к сравнительному изучению лития, бериллия и бора».

Сопоставляя оба текста, мы обнаруживаем следующее:

Прежние п. п. 3 и 5 черновика Дм. Ив. затем объединил в один п. 4 напечатанных выводов.

В п. 5 напечатанных выводов пропущено слово «веса» во фразе «величина {веса} частицы определяет свойства сложного тела». В черновике соответствующее место гласит: «велич{ина} частич{ного} веса определяет физич{еские} свойства тел и их количест{венные} отношения в хим{ических} реакциях». Если же вместо «величина веса частицы» сказать «величина частицы», то получится так, что у Дм. Ив. речь идет не о молекулярном весе (как это есть в действительности), а о молекулярном объеме, что неправильно.

В п. 6 напечатанных выводов имеются в виду два неизвестных элемента, один ( $? = 68$ ) в ряду В, между Al и Uг, другой ( $? = 70$ ) в ряду С, между Si и Sn. При расчете атомного веса второго из этих элементов Дм. Ив. получил первоначально  $x = 72$  (см. фотокопию IV). Не имея пока возможности более точно вычислить предположительный атомный вес недостающих элементов, Дм. Ив. указал лишь пределы, в каких должны оказаться их атомные веса: 65—75. Следовательно, они должны оказаться между  $Zn = 65$  и  $As = 75$ .

Более сомнительными казались другие два неизвестных элемента, стоящие в «Опыте системы элементов» не в центре системы, как предыдущие два элемента (аналоги Al и Si), а по ее краям — внизу под Ca ( $? = 45$ ) и в правом верхнем углу ( $? = 180$ ).

В п. 7 черновика указано, что Те имеет атомный вес не более 126, а в напечатанных выводах, — что его значение лежит между 123 и 126. На фотокопиях VI и VII стоит  $Te = 125$ .

В п. 8 черновика и напечатанных выводах при указании на то, что сходство Al и Uг с бором определяется величиной их атомного веса, имеются в виду два обстоятельства:

1) Al, который сначала не ставился в ряд бора, а ставился в ряд Be и Al (фотокопия IV) и даже в ряд Be, Al, Fe и Ce (фотокопия III), по значению своего атомного веса ( $Al = 27,4$ ) должен был занять место между  $Mg = 24$  и  $Si = 28$  и тем самым попасть в ряд бора;

2)  $Uг = 120$  не мог найти места в системе, так как подходящие места были заняты:  $Sb = 122$  и  $Sn = 118$ . Однако между  $Sn = 118$  и  $Cd = 112$  было пустое место в ряду того же бора. Но, чтобы поставить сюда Uг, Дм. Ив. пришлось уменьшить его атомный вес со 120 до 116 (см. фотокопию IV).

В связи с этим в черновике сделана ссылка на предыдущий п. 7, в котором говорится, что при знании сходства элемента может быть исправлена величина его атомного веса. Здесь же делается ссылка на п. 1, и открытая зависимость впервые называется *законом периодичности*.

В следующем (заключительном) абзаце черновика слова «в пр.» были первоначально расшифрованы как «в пр{едыдущем}». Однако сопоставление черновика с напечатанными выводами показывает, что это надо расшифровать, как «в пр{остых телах}», чему и соответствует слово «элемент» в опубликованном тексте. [8,867].

В п. 1 черновика также сначала стояло «Простые тела», а затем было заменено на «Элементы». Это показывает, что сокращение «пр.» действительно означает «простые тела», поскольку оно заменяется при окончательном редактировании выводов на слово «элементы». Кстати, в таблице, изображенной на фотокопии VII, которая писалась одновременно с черновиком выводов, слова «простые тела» Дм. Ив. записал сокращенно: «пр.».

## ДОПОЛНЕНИЯ К ГЛАВЕ V

[Д о п. 37]. Печатание и рассылка листка  
с «Опытом системы элементов» 1 марта 1869 г.  
(К стр. 132)

При корректуре Дм. Ив. внес в печатавшийся листок следующие изменения более мелкого характера:

во-первых, он изменил первоначально стоявшие в рукописи символы родия с Ro на Rh, а рутения — с Rh на Ru и поменял оба элемента их местами. Практически все это было сделано путем исправления одной буквы «о» в символе Ro на букву «u»;

во-вторых, Дм. Ив. опустил вторые вопросительные знаки у Er, Yt, In и Th, так как они, по-видимому, мешали наборщику расположить эти элементы в столбцы;

в-третьих, Дм. Ив. во французском тексте листка изменил дату 18  $\frac{II}{17}$  69 на новый стиль, т. е. на 18  $\frac{III}{I}$  69, а в русском тексте вообще опустил дату и вместо нее поставил подпись: «Д. Менделеев», опустив свое имя в заголовке.

Листок был отпечатан, по-видимому, в самом конце февраля 1869 г., так как 1 марта Дм. Ив. уже разослал его химикам. Следовательно, до 1 марта должна была пройти корректура листка и листок должен был печататься. Отсюда следует другой вывод, что до 1 марта Дм. Ив. не мог уехать из Петербурга на сыроварни; только после 1 марта (по старому стилю) он мог, наконец, взяться за обследование сыроварен.

По поводу рассылки этого листка Дм. Ив. сделал в «Списке моих сочинений» следующее замечание, в связи с записью

№ 43 (под этим номером стоит: «1869, марта 1. Essai d'une système des éléments d'après leurs poids atomiques et fonctions chimiques»): «Первые мысли о периодичности вложены мною в листок № 43, который 1 марта 1869 г. был послан многим ученым» [7,53—54].

[Д о п. 38]. Доработка плана 2-й части «Основ химии» после 17 февраля 1869 г.

Завершение распифровки фотоконии XII  
(К стр. 138)

Распифровка фотоконии XII начата в табл. 7 [доп. 6], где отмечена та часть записей, которые были сделаны до 17 февраля 1869 г. Теперь же в табл. 48 показаны те изменения, которые Дм. Ив. внес в свой прежний план после 17 февраля 1869 г., т. е. исходя из открытого уже периодического закона. Эти изменения были таковы:

- 1) Первоначальные главы 3 (Mg) и 4 (Ca, Sr, Ba) были объединены в одну главу 4.
- 2) Новой главой 3 была сделана глава «Теплоемкость».

|          |                                                                                              |                                                                                                                   |
|----------|----------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Часть 1. | H O N C. Cl F Br J}                                                                          |                                                                                                                   |
| Часть 2. |                                                                                              |                                                                                                                   |
| Гл. 1    | Na.                                                                                          |                                                                                                                   |
| Гл. 2    | K. Li. Cs. Rb.                                                                               |                                                                                                                   |
| Гл. 3    | <u>Mg</u> теплоемкость                                                                       |                                                                                                                   |
| Гл. 4    | ↓ Ca. Sr. Ba. Be.                                                                            |                                                                                                                   |
| Гл. 5    | Zn. Cd. In. ~ Ce La Di, Yt Er                                                                |                                                                                                                   |
| Гл. 6    | Cu. Ag.                                                                                      |                                                                                                                   |
| Гл. 7    | <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">Hg. Pb. Tl.</div> | <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">[15] Fe. Mn. Cr.<br/>Ni. Co. Ur.</div> |
| Гл. 8    | S. SH                                                                                        | Nb. [Ni.] Mo. Ta. W.                                                                                              |
| Гл. 9    | SO... Se. Te.                                                                                | Pt. R{h}. Ru.                                                                                                     |
| Гл. 10   | P. V.                                                                                        | Pt. Ir. Os.                                                                                                       |
| Гл. 11   | Sb. As. Bi.                                                                                  | Au.                                                                                                               |
| Гл. 12   | B. Al.                                                                                       |                                                                                                                   |
| Гл. 13   | Si.                                                                                          |                                                                                                                   |
| Гл. 14   | Ti. Zr. {Sn.Th?}                                                                             |                                                                                                                   |

Таблица 48

(см. фотоконию XII, стр. 138—139).

Добавления и перестановки в плане «Основ химии»  
(61+{2}=63 элемента).

Конец февраля — март 1869 г. (?) «Поздний план 1869 г.»

Жирным шрифтом набрано дописанное вновь по сравнению с первоначальным планом, отраженным в таблице 7; в рамки заключено и набрано курсивом перенесенное на новое место по сравнению с ним; в квадратные скобки — зачеркнутое; в фигурные — внесенное редакцией.

тихлористой сурьмой, и кристаллизуя продуктъ изъ бензина, получаютъ игольчатые кристаллы (т. п.  $221^{\circ}$ , т. в.  $310^{\circ}$ ) съ содержаниемъ хлора, соответствующимъ формулѣ  $C_6H_2Cl_6$ . Процентное содержаніе хлора и приведенныя физическія свойства тождествуютъ съ  $C_6H_2Cl_6$ , полученнымъ Бейльштейномъ и Кульбергомъ. Представляетъ ли это соединеніе производное кендиолы, или же толуоли рѣшить пока нельзя.

10. *А. Вроблевскій* изслѣдовалъ дѣйствіе брома на толундинъ. Пропуская воздухъ съ парами брома въ растворъ хлористоводородной соли толундина, монобромтолундинъ остается раствореннымъ въ кислой жидкости; выше обромленные продукты въ ней нерастворимы. Монобромтолундинъ твердое тѣло (монобромпаратолундинъ — жидкость). Выше обромленные продукты изслѣдуются.

### Засѣданіе 6 го марта 1869 г.

За отсутствіемъ президента, председательствуетъ очередной членъ О. Н. Пургольдъ.

Предсѣдатель сообщаетъ, что Л. Н. Шашковъ и А. И. Ходневъ зачислены членами общества.

Дѣлопроизводитель общества Н. А. Меншуткинъ сообщаетъ, что 10 февраля получено, изъ Главнаго Управленія по дѣламъ печати разрѣшеніе на изданіе журнала Русскаго Химическаго Общества безъ предварительной цензуры, по представленной программѣ. Относительно изданія журнала заключено условіе съ Товариществомъ „Общественная Польза“, на основаніяхъ, принятыхъ обществомъ въ засѣданіи 9 января. Къ печатанію перваго выпуска приступлено.

Въ этомъ засѣданіи сдѣланы слѣдующія сообщенія:

1. Н. Меншуткинъ сообщаетъ отъ имени *Д. Менделѣева*, опыты системы элементовъ, основанной на ихъ атомномъ вѣсѣ и химическомъ сходствѣ. За отсутствіемъ Д. Менделѣева обсужденіе этого сообщенія отложено до слѣдующаго засѣданія.

А. Энгельгардтъ представляетъ слѣдующія работы сдѣланныя подъ его руководствомъ въ лабораторіи Земледѣльческаго Института:

2. *О нитросърнитроолеуловой и амидъ сьрнитроолеуловой кислотазъ, студ. Бека.* Нитросърнитроолеуловая кислота получается различными способами, при чемъ на основаніи нѣкоторыхъ различій въ соляхъ,

Фотовоспроизведение страницы 35 из вып. 2 и 3 тома I

«Журнала Русскаго химическаго общества» за 1869 г., где напечатано сообщеніе Н. А. Меншуткина, сделанное от имени Дм. Ив.



3) В новую главу 4 был добавлен Be в качестве члена группы щелочноземельных металлов. Это могло быть сделано только после 17 февраля 1869 г., когда Be впервые был поставлен в один ряд с Mg.

4) В главе 5 (Zn, Cd, In) были дополнительно вписаны «цери-т{ы}» (Ce, La, Di) и «гадоли{ниты}» (Yt, Er) в соответствии с тем, как они впервые были расположены около In в «Опыте системы элементов» с краю таблицы.

5) Прежняя глава 7 (Hg, Pb, Tl) была перенесена в самый конец плана, так что Hg, Pb, Tl были объединены с Au, как на это Дм. Ив. указывал в своей статье. Но Bi пока остался еще в главе 11 (вместе со Sb и As); он был перенесен в конец плана и присоединен к Au, Hg, Pb, Tl лишь позднее.

6) На место прежней главы 7 Дм. Ив. ввел две новые главы, перенеся сюда прежнюю главу 15 и разделив ее на две главы: глава 7 (Fe) и глава 8 (Mn, Cr, Ni, Co, Ur).

Как и раньше, Ur был включен Дм. Ив. не в группу В и Al, а в семейство Fe. Это показывает, что, возможно, дата исправления данного места плана могла быть иной: не февраль 1869 г., а май — июнь, когда Дм. Ив. снял  $Ur = 116$  с его первоначально-го места в системе между  $Cd = 112$  и  $Sn = 118$  в группе В—Al.

7) Наконец, неправильный символ ниобия Ni (ср. фотокопию I) Дм. Ив. исправил на Nb.

Остались без исправления символ родия (R) и без детализации в главе 14 слова «и др.», стоящие после Ti — Zr. Как и ранее, мы полагаем, что под «и др.» Дм. Ив. имел в виду здесь Sn и Th. В таком случае исправленный (поздний) план 1869 г. «Основ химии» включил бы в себя все 63 элемента, в отличие от раннего плана 1869 г., в который было включено всего 57 элементов (считая также Sn и Th).

Таковы были те изменения и дополнения в плане 2-й части «Основ химии», которые Дм. Ив. сделал после открытия периодического закона.

# [Д о п. 39]. Схема последовательного описания двуатомных металлов в «Основах химии»

(К стр. 143)

Если исходить из таблиц, изображенных на фотокопиях VII и VIII, то можно изобразить следующим образом последовательность описания элементов: сначала были описаны элементы, весьма сходные с Mg, затем — менее сходные с ним, причем только в их соединениях формы RO и, наконец, — сходные с Ba.

Обозначим группу элементов, сходных с Mg, одной звездочкой (\*) и поставим ее в вертикальную сплошную рамку; группу металлов, менее сходных с Mg, обозначим двумя звездочками(\*\*)





Николай Александрович Меншуткин. 1868 г.

и заключим в горизонтальную пунктирную рамку; Ва и его аналог (Pb) отметим тремя звездочками(\*\*\*) и поставим в вертикальную сплошную рамку. Все металлы, которые берутся в тех их соединениях, где они выступают как двуатомные, мы обозначим двумя штрихами.

В результате получится схема описания перечисленных металлов, показывающая, каким образом названные три их группы соотносятся между собой, будучи рассмотрены в разрезе их взаимного расположения по периодической системе, при этом Pb принимается за аналог Ва в его соединениях состава RO.

|      |                  |                        |                                                                     |
|------|------------------|------------------------|---------------------------------------------------------------------|
|      |                  | Mg                     |                                                                     |
| (**) | Cu <sup>''</sup> | Zn                     | Mn <sup>''</sup> Fe <sup>''</sup> Ni <sup>''</sup> Co <sup>''</sup> |
|      | (*)              | Cd                     |                                                                     |
|      | (***)            | Ba<br>Pb <sup>''</sup> |                                                                     |

[Д о п. 40]. Последовательность записей удельных весов  
и атомных объемов

(К стр 145)

В табл. 49 отражена последовательность различных значений удельных весов и атомных объемов простых веществ, по которым можно судить о времени написания соответствующих глав «Основ химии»:

Сначала были записаны данные о J (гл 22, ч. 1 «Основ химии») и о щелочных металлах (гл. 1 и 2 части 2-й «Основ химии»).

Затем следует табличка, изображенная на фотокопии VIII и составленная вскоре после 17 февраля 1869 г. (см. [доп. 30]). В это время Дм. Ив. еще не знал значений удельного веса для Rb и Ва и не привел их в указанной таблице, как не привел он их также в главе 2 (для Rb).

Затем идут главы 4 и 5, в которых уже впервые встречается значение удельного веса для Ва ( $\delta=3,6$ ) [4, 164].

Далее за ними следуют данные об атомных объемах и удельных весах, приведенные в начале главы 6.

Наконец, следуют данные, приведенные в конце главы 6, для Cu и Ag.

|                       | J                   | Na   | K    | Li    | Rb    | Mg   | Ca   | Sr   | Ba  | Be  | Zn      | Cd   | Cu  | Ag   | Pb   | Hg   |
|-----------------------|---------------------|------|------|-------|-------|------|------|------|-----|-----|---------|------|-----|------|------|------|
| Удель-<br>ный<br>вес  | Гл. 22, 1, 2        | 4,9  | 0,98 | 0,865 | 0,59  | —    | —    | —    | —   | —   | —       | —    | —   | —    | —    | —    |
|                       | Фотоко-<br>пия VIII | 5,0  | 0,97 | 0,86  | 0,59  | —    | 1,74 | 2,5  | —   | 2,1 | 7,0     | 8,6  | 8,8 | 10,5 | 11,4 | 13,6 |
|                       | Гл. 4, 5            |      |      |       |       |      | —    | 1,58 | 3,6 | 2,1 | 6,8—7,2 | 8,65 |     |      |      |      |
|                       | Гл. 6:              |      |      |       |       |      |      |      |     |     |         |      |     |      |      |      |
| δ                     | начало              | 4,93 | 0,95 | 0,87  | 0,594 | 1,74 | 1,58 | 2,5  | 3,6 | 2,1 | 7,1     | 8,61 | 8,8 | 10,5 |      |      |
|                       | конец               |      |      |       |       |      |      |      |     |     |         |      | 8,9 | 10,5 |      |      |
| Атом-<br>ный<br>объем | Фотоко-<br>пия VIII | 25   | 24   | 45    | 12    | —    | 14   | 35,0 | —   | 4,5 | 9       | 13,0 | 7,2 | 10,3 |      | 15   |
|                       | Гл. 6:              |      |      |       |       |      |      |      |     |     |         |      |     |      |      |      |
|                       | начало              | 26   | 24,2 | 44,8  | 11,8  | 13,8 | 25,3 | 35,0 | 38  | 4,5 | 9,2     | 13,0 | 7,2 | 10,5 | 18   | 15   |

Таблица 49

Данные об удельных весах и атомных объемах в «Основах химии» и в рукописной таблице.

Глава 7 «Железо», как и следующая за ней глава 8 «Аналоги железа. Кобальт, никель, марганец, хром (и уран)» писались, по-видимому, уже летом и осенью 1869 г.

В главе 8 Дм. Ив. приводит следующий ряд значений удельных весов и атомных объемов для данного семейства [4, 300]:

|                        | Cr  | Mn  | Fe  | Co  | Ni  | Cu   |
|------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|------|
| «Вес атома . . . . .»  | 52  | 55  | 56  | 59  | 59  | 63,4 |
| Удельный вес . . . . . | 6,8 | 8,0 | 7,8 | 8,5 | 8,6 | 8,8  |
| Объем атома . . . . .  | 7,6 | 6,9 | 7,2 | 7,0 | 7,0 | 7,2» |

На фотоконии VIII этот же ряд выглядит так:

|                                     |     |     |     |     |     |     |
|-------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| удельный вес ( $\delta$ ) . . . . . | 6,8 | 7,2 | 7,8 | 8,5 | 8,8 | 8,8 |
| объем ( $v$ ) . . . . .             | 8   | 8,0 |     | 7   | 7   | 7,2 |

[Д о п. 41]. Легенды о мнимых причинах отсутствия Менделеева на заседании РХО 6 марта 1869 г.

(К стр. 154)

Б. Н. Меншуткин выдвинутую им версию повторил слово в слово еще несколько раз: в последующих изданиях своей книги по истории химии в 1934 г.<sup>1</sup>, затем — в 1937 г.<sup>2</sup>

С легкой руки Б. Н. Меншуткина легенда о мнимой болезни Дм. Ив. была подхвачена некоторыми химиками и историками химии. До сих пор никто из тех, кто повторял эту легенду, не проверил ее справедливость.

Можно привести ряд примеров как из области монографической литературы специально историко-химического характера, так и из области научно-популярной литературы. Прежде всего отмежим труды историков химии, в которых каждое положение должно быть, естественно, основано на точных, проверенных фактах.

В одной из своих работ А. Ф. Капустинский следующим образом излагает данный вопрос: «В 1869 г., 6(18) марта, на заседании Русского химического общества, в связи с болезнью Д. И., Н. А. Меншуткин по его просьбе доложил работу Менделеева...

Сообщение об открытии Менделеева вначале не привлекло внимания химиков; его встретили почти равнодушно: ни вопросов, ни прений. Проходит около года, и вот уже более совершенная работа, на этот раз докладываемая самим Менделеевым,

<sup>1</sup> Б. Н. Меншуткин, Важнейшие этапы в развитии химии за последние полтора столетия, изд. АН СССР, Л. 1934, стр. 63.

<sup>2</sup> Б. Н. Меншуткин, Химия и пути ее развития, изд. АН СССР, М.—Л. 1937, стр. 229.

заслушивается на заседании общества 3(15) декабря 1870 г. почти с тем же эффектом»<sup>1</sup>.

Как видим, здесь автор совершенно некритически воспринял версию о мнимом заболевании Дм. Ив. в день зачтения его работы на заседании Русского химического общества. Кстати: если автор правильно передал свидетельство Н. А. Меншуткина о том, что это сообщение не вызвало интереса у слушателей в марте 1869 г., то он глубоко заблуждается в том, что такое же отношение было проявлено и спустя почти два года, в декабре 1870 г. Напротив, сохранившиеся документы и живые свидетельства говорят о другом. Например, в берлинских «*Berichte*» за 1870 г. была опубликована пространная корреспонденция В. Рихтера из Петербурга, которая свидетельствует о чрезвычайно большом интересе к сообщению, сделанному Дм. Ив. [8, 188—191]. Самое заседание было не обычным, очередным, а *экстренным*, причем интерес к сделанному сообщению проявили не только химики, члены Общества, но и ректор университета, декан физико-математического факультета, а также представители близких специальностей, в том числе — минералогии и геологии [8, 186—187].

В другом месте ту же версию (о мнимом заболевании Дм. Ив.) А. Ф. Капустинский излагает несколько иначе. Он пишет: «6 марта 1869 г. на заседании Русского химического общества Николай Александрович Меншуткин по просьбе заболевшего Д. И. Менделеева доложил от его имени о его работе, вышедшей затем в свет под заглавием «Соотношение свойств с атомным весом элементов».

Сообщение было встречено довольно равнодушно, не было ни вопросов, ни высказываний.

Заметим, что Менделеев, составив периодическую систему элементов, в конце 1868 г. напечатал несколько ее экземпляров с краткими, почти тезисного характера, комментариями и в феврале 1869 г. разослав ряду русских химиков...» [13, 26].

Здесь много неточностей. Согласно Капустинскому, периодический закон Дм. Ив. открыл не в феврале 1869 г., а в конце 1868 г., а разослав листок «Опыт системы элементов» не 1 марта 1869 г., а в феврале 1869 г. Однако никакого печатного издания периодической системы элементов, снабженного «краткими, почти тезисного характера, комментариями», вышедшего в свет якобы в конце 1868 г., вообще не существует.

Далее А. Ф. Капустинский утверждает, будто уже в «Опыте системы элементов» главным выразителем химических свойств

---

<sup>1</sup> А. Ф. Капустинский, Очерки по истории неорганической и физической химии в России от Ломоносова до Великой Октябрьской социалистической революции, изд. АН СССР, М.—Л. 1949, стр. 54.

элементов «принята максимальная валентность по кислороду» [13, 26]. Это тоже неверно.

Впервые на периодическую зависимость максимальной валентности элементов от величины атомного веса Дм. Ив. указал в своем сообщении, сделанном в заседании Русского химического общества 2 октября 1869 г., т. е. лишь 7 месяцев спустя после обнародования «Опыта системы элементов» [2, 30—37].

Если так некритически была воспринята версия о мнимой болезни Дм. Ив. специалистами по истории химии, то с тем большей легкостью она проникла в научно-популярную литературу. А. Л. Колесников, например, пишет: «Менделеев был в то время болен; его сообщение прочел за него известный русский химик Н. А. Меншуткин. Д. И. Менделеев писал, что он создал *естественную систему* всех химических элементов... свойства элементов повторяются через определенные, правильные промежутки, повторяются *периодически*. Ученый так и назвал свою систему — *периодической системой элементов*»<sup>1</sup>.

Помимо ложной версии о болезни Дм. Ив., здесь смешаны разные этапы работы Дм. Ив. над своей системой: в марте 1869 г. он называл ее лишь «Опытом системы элементов», «Естественной» же он ее назвал в ноябре 1870 г., а «Периодической» — лишь в марте 1871 г.

Другой автор того же профиля, С. Альтшулер, пишет: «6 марта, на заседании Русского физико-химического общества проф. Н. А. Меншуткин прочел, ввиду болезни автора, доклад Менделеева «Опыт системы элементов, основанный на их атомном весе и химическом сродстве»»<sup>2</sup>.

Помимо легенды о мнимой болезни Дм. Ив., в этой краткой справке имеются четыре неточности: 1) Общество называлось тогда не физико-химическим, а химическим; 2) Н. А. Меншуткин не был тогда еще профессором, а стал им месяц спустя; 3) доклад Дм. Ив. хотя и был посвящен «Опыту системы элементов», но назывался не так; 4) вместо слова «сродстве» у Дм. Ив. стоит слово «сходстве», а вместо «основанный» стоит «основанной».

Еще один автор, Б. Степанов, пишет в том же духе: «Сам Менделеев из-за болезни не присутствовал на этом историческом заседании. Написанный им доклад «Соотношение свойств с атомным весом элементов» прочел от его имени профессор Петербургского университета Николай Александрович Меншуткин»<sup>3</sup>.

<sup>1</sup> А. Л. Колесников, Закон Менделеева, изд. 3, переработанное, Научно-популярная библиотека, Гостехтеоретиздат, М. 1954, стр. 9.

<sup>2</sup> С. Альтшулер, Как был открыт Менделеевым периодический закон, Госхимиздат, М.—Л. 1948, стр. 66.

<sup>3</sup> Б. Степанов, История великого закона, изд. 2, дополненное, изд. «Молодая гвардия», 1952, стр. 189 (см. изд. 3 этой же брошюры, Учпедгиз, 1956, стр. 122).

Такая же версия повторяется и во многих других работах<sup>1</sup>.

Профессор В. Я. Курбатов придал этой легенде более детализованный и, если можно так выразиться, художественный вид. Его книга «Менделеев» начинается так:

*«Величайшее открытие»*

Шестого марта 1869 года в 8 часов вечера к длинному зданию Двенадцати коллегий... где помещался Петербургский университет, подходили и подъезжали на извозчиках по одному, по два ученые — химики и физики. Они собирались на очередное заседание недавно образовавшегося Русского химического общества... Собравшиеся с нетерпением ждали начала заседания, так как слышали, что молодой профессор химии Дмитрий Иванович Менделеев должен сделать исключительно важный и интересный доклад.

К сожалению, Менделеев не мог прийти на заседание, так как тяжелая болезнь уложила его в постель.

Вместо него на кафедру взошел профессор Н. А. Меншуткин и от имени Дмитрия Ивановича сделал краткое сообщение»<sup>2</sup>.

В заключение автор пишет: «Сообщение, сделанное профессором Меншуткиным, вызвало горячие споры. Академические старцы возмущались предвидением Менделеева и утверждением о существовании того, что еще не было открыто в природе.

Другие, особенно молодые ученые и студенты-химики, присутствовавшие на заседании, восторженно уверяли, что Дмитрий Иванович не мог ошибиться и что его научное предвидение рано или поздно оправдается»<sup>3</sup>.

Здесь, помимо неправильной версии о мнимой болезни Дм. Ив., налицо фантазирование по поводу того, как проходило обсуждение доклада Дм. Ив., зачитанного Н. А. Меншуткиным. Вряд ли такого рода фантазирование может быть оправдано тем, что автор хотел заинтересовать своих юных читателей и ради этой цели погрешил против истины. Ведь автор писал не художественное произведение, где допустим даже вымысел, а научно-биографический, хотя и популярный, очерк для школьников. А в такой работе надо держаться только истины, но не вымысла, как бы красочен и увлекателен он ни был.

Версия о мнимой болезни Дм. Ив., превратившись в легенду, проникла даже в область кинематографии. Так, например, автор киносценария о Менделееве Г. Э. Гребнер попытался изобразить еще более наглядно, отчего и чем заболел Дм. Ив. В из-

<sup>1</sup> См., например, брошюру: Б. Г. Кузнецов, Дмитрий Иванович Менделеев, Воениздат, М. 1957, стр. 17.

<sup>2</sup> В. Я. Курбатов, Менделеев, Л. 1954, стр. 3—4.

<sup>3</sup> Там же, стр. 6.



ложении Г. Э Гребнера, после открытия периодического закона Дм. Ив., разгоряченный и взволнованный только что сделанным открытием, высунулся в форточку с целью немного остыть и сильно простудился<sup>1</sup>.

Так легенда росла и упрочивалась благодаря некритическому к ней отношению со стороны авторов, пишущих о Дм. Ив. и об открытии им периодического закона.

Другая легенда, созданная по этому же поводу, кажется уже совершенно невероятной. Она исходит от М. Н. Младенцева (1872—1941), который некоторое время работал вместе с Дм. Ив.; он сочинил версию о том, будто причина отсутствия Дм. Ив. на заседании 6 марта была не внешней, а проистекала из *внутреннего* побуждения самого Дм. Ив.

В музее Д. И. Менделеева при Научно-исследовательском институте метрологии в Ленинграде, которым долгое время заведовал М. Н. Младенцев, имеются альбомы, составленные М. Н. Младенцевым из документов Дм. Ив., снабженных пояснениями М. Н. Младенцева. По поводу отиска из журнала Русского химического общества статьи Дм. Ив. «Соотношения свойств с атомным весом элементов» Младенцев делает следующее разъяснение:

«Первое сообщение (№ 42) сделано Дм. Ив. Менделеевым 6 марта 1869 г. в заседании Химического общества професс. Ник. Алекс. Меншуткиным, т. к. сам Дм. Ив., видимо, волновался и не решался выступить, хотя ему и ясно было все великое значение настоящего открытия»<sup>2</sup>.

Все это ни в какой степени не соответствует действительной истории великого открытия, совершенного Дм. Ив. По Младенцеву, выходит, что Дм. Ив., хотя и понимал значение сделанного им открытия, но не нашел в себе силы и мужества убедить других в правоте этого открытия. Между тем хорошо известно, что у Дм. Ив. никогда не проявлялось даже тени подобного рода малодушия, которое, кстати сказать, проявили и Ньюлендс, и Лотар Мейер.

Напротив, Дм. Ив. подчеркивал, что «справедливость требует не тому отдать наибольшую научную славу, кто первый высказал известную истину, а тому, кто умел убедить в ней других, показал ее достоверность и сделал ее применимою в науке» [1, 411].

Этому положению Дм. Ив. неуклонно следовал сам. Он никогда не ограничивался высказыванием одних лишь предпо-

<sup>1</sup> С содержанием этого киносценария меня ознакомил кинорежиссер, предполагавший ставить фильм по сценарию Гребнера и обратившийся ко мне за консультацией по данному вопросу.

<sup>2</sup> Музей Д. И. Менделеева при ВНИИМ, альбом № 20, лист 2, документ № 1701.

ложений и догадок, а защищал их устно и письменно и обосновывал их своими всесторонними исследованиями до тех пор, пока они не завоевывали в науке свое общепризнанное место.

Какое же основание было у Младенцева заявлять, будто Дм. Ив. струсил в самый решительный момент своей научной деятельности, когда перед лицом русских химиков ему предстояло защитить и обосновать сделанное им величайшее открытие в истории химии XIX в.? Ясно, что никакого основания для этого у Младенцева не было и быть не могло.

Следовательно, и эта легенда не имеет ничего общего с действительностью.

**[Д о п. 42]. Поездка Менделеева на артельные сыроварни  
в начале марта 1869 г.**

*(К стр. 154),*

Как уже говорилось выше, листок «Опыт системы элементов» был разослан 1 марта 1869 г. Этот день был субботой, как и ровно две недели перед тем, 15 февраля 1869 г., когда Дм. Ив. получил отпускное свидетельство на выезд из Петербурга. Можно думать, что и теперь Дм. Ив. наметил свой отъезд на понедельник 3 марта. Последним днем масляной недели было воскресенье 2 марта, а с 3 марта начинался великий пост.

Если так, то к 6 марта Дм. Ив. никак не мог вернуться в Петербург с тем, чтобы лично сделать сообщение в Химическом обществе. Значит, за него кто-то должен был зачитать его доклад, т. е. рукопись статьи «Соотношение свойств с атомным весом элементов». Так как текст своей статьи Дм. Ив. передал в редакцию журнала того же Общества, а редактором этого журнала были Н. А. Меншуткин, то естественнее всего было просить именно Н. А. Меншуткина зачитать рукопись, переданную ему же для помещения в очередном выпуске журнала.

Значит, примерно в эти же дни (конец февраля или первые два дня марта) Дм. Ив. должен был увидаться с Н. А. Меншуткиным, передать ему рукопись своей статьи и просить его зачитать ее 6 марта на заседании общества.

Тогда же, вероятнее всего накануне субботы 1 марта, Дм. Ив. попросил исправить срок действия своего отпускного свидетельства, которое он получил от ректора университета и копия которого хранится в Государственном историческом архиве Ленинградской области. Подлинник же этого свидетельства хранится в Музее-архиве Д. И. Менделеева при Ленинградском университете<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Музей-архив Д. И. Менделеева при ЛГУ, II Архив, группа Ж, папка 59 «Сельское хозяйство».

В этом подлиннике, который был на руках Дм. Ив., имеется исправление: первоначальный срок «по 28 февраля» зачеркнут и над ним написан другой: «по 12 марта».

Той же рукою, какой сделано это исправление, проставлено число «28» в дате выдачи свидетельства Дм. Ив.: «февраля... дня 1869 г.» (см. фотокопию XIII).

Поскольку Дм. Ив. уезжал примерно на 10 дней, надо полагать, что 2 марта и — самое позднее — в понедельник 3 марта он должен был выехать из Петербурга, дабы успеть вернуться в Петербург к 12 марта 1869 г. Но Дм. Ив. не мог выехать раньше 1 марта, так как 1 марта он еще только рассылал листок с «Опытом системы элементов» химикам.

Имеются еще и другие свидетельства, подтверждающие, что 6 марта 1869 г. Дм. Ив. не был в Петербурге, а был на сыроварнях в Тверской губернии.

В своем отчете об обследовании артельных сыроварен, опубликованном в вып. 6 тома II «Трудов императорского Вольного экономического общества» за 1869 г., Дм. Ив. говорил:

«Что касается доставки молока, то 4 марта — около того времени, когда я был там, — 13 пуд. доставлено от Корфа, 13 пуд. от артели. На другой день артельщики доставили уже 25 пуд. Около того времени сделан расчет, вследствие чего число артельщиков увеличилось. Этому помогло, впрочем, и наступление поста» [5, 232].

По всем данным, Дм. Ив. должен был быть на этой (едимовской) сыроварне по крайней мере 5 и 6 марта, дабы иметь сведения о поступлении молока за 4 и 5 марта.

Далее Дм. Ив. рассказывал: «Сущевские артельщики.. жалуются, что Николай Васильевич (Верещагин. — Б. К.) не поставил им сыровара к первым дням поста» [5, 233]. Следовательно, Дм. Ив. должен был быть на этой второй (сущевской) сыроварне тогда, когда первые дни поста (т. е. 3—5 марта) уже прошли, т. е. примерно 7—8 марта.

Говоря о следующей (видогощской) сыроварне, Дм. Ив. записывает: «...во время моего приезда, в пост, когда открылось сыроварение...» [5, 234].

Наконец, Дм. Ив. посетил еще одну (щербовскую) сыроварню.

Еще до поездки Дм. Ив. на сыроварни Н. В. Верещагин прислал Дм. Ив. в письме план расположения названных сыроварен (см. фотокопию XIV)<sup>1</sup>.

Из этого письма видно, что Дм. Ив. должен был проехать на лошадях всего 176 верст и побывать в четырех различных пунктах.

<sup>1</sup> Документ хранится в Музее-архиве Д. И. Менделеева при ЛГУ (II Архив, группа В, папка 23).

Итак, всего Дм. Ив. за эту поездку обследовал четыре сыроварни. Если принять, что он выехал из Петербурга около 3 марта, то 4, 5 и 6 марта он мог быть на первой сыроварне, 7 и 8 марта — на второй, 9 и 10 марта — на третьей и 11 марта — на последней. В таком случае 12 марта он мог вернуться в Петербург.

То, что Дм. Ив. ездил на сыроварни действительно в марте, а не в феврале 1869 г., подтверждается записями в его записной книжке 1861—1871 гг.<sup>1</sup> После стр. 94, где записаны расходы за февраль 1869 г., следует запись на стр. 95:

«Март 1869 г. Поездка на сыроварни и в деревню... 80—»<sup>2</sup>. Это как раз та сумма, которую Дм. Ив. испрашивал у ВЭО на свою поездку в Тверскую губернию (75 руб.).

По возвращении в Петербург Дм. Ив. сделал доклад о своей поездке на собрании 1-го Отделения Вольного экономического общества, состоявшемся 20 марта 1869 г. под председательством А. В. Советова.

18 марта Дм. Ив. было послано официальное приглашение на это собрание (см. фотокопию XV)<sup>3</sup>. На этом приглашении Дм. Ив. сделал запись:

«70 — 1-го вып.

140 2-го вып.»

Эта запись касается вышедших в свет 1-го и 2-го выпусков «Основ химии» 1-го издания. Отсюда можно сделать вывод, что около 18 марта 2-й выпуск «Основ химии» уже вышел в свет.

За три дня до этого А. В. Советов прислал личную записку Дм. Ив. по поводу предстоящего собрания. Записка гласила:

«Заседание 1-го Отделения о сыроварнях в будущий четверг назначено и будет объявлено в газетах. Стенографы будут. О чем извещаю Дмитрия Ивановича.

17 марта

А. Советов»<sup>4</sup>

Таким образом, на основании приведенных документов можно считать окончательно развеянными легенды о мнимой болезни Дм. Ив. и о мнимом его малодушии. Истинная причина того, почему Дм. Ив. не мог присутствовать на заседании Общества 6 марта 1869 г. и почему за него доклад слелал Н. А. Меншуткин, оказалась, как мы видели, совершенно иной.

<sup>1</sup> Музей Д. И. Менделеева при ВНИИМ, записная книжка Д. И. Менделеева 1861—1871 гг., стр. 95.

<sup>2</sup> Эти сведения были сообщены мне бывшим личным секретарем Дм. Ив. — А. В. Скворцовым.

<sup>3</sup> Музей-архив Д. И. Менделеева при ЛГУ (II Архив, группа В, папка 23).

<sup>4</sup> Записка хранится в Музее-архиве Д. И. Менделеева при Ленинградском университете.

[Д о п. 43]. Хроника событий с декабря 1868 г.  
по март 1869 г.  
(К стр. 154)

Попытаемся сопоставить в хронологическом порядке события, происшедшие в жизни и творчестве Дм. Ив. за 3 месяца — с конца декабря 1868 г. по конец марта 1869 г. При этом имеются в виду лишь те события, которые стояли в той или иной связи с открытием периодического закона 17 февраля 1869 г.

## ХРОНИКА СОБЫТИЙ

с декабря 1868 г. по март 1869 г.

### Декабрь 1868 г.

- Дм. Ив. закончил последнюю, 22-ю, главу части 1 «Основ химии», посвященную F, Br и J.
- 20-е числа На рождественских праздниках по поручению Вольного экономического общества (ВЭО) начал обследование артельных сыроварен в Тверской губернии (см. «Список моих сочинений»). Обследовал великосельскую сыроварню (см. доклад об артельном сыроварении 20 марта 1869 г.).
- 29—30 Обследовал глазовскую сыроварню (см. тот же доклад, Записную книжку 1868—1870 гг., а также беседу о доходности молочного скотоводства 10 апреля 1869 г.).
- Посетил михайловскую сыроварню (см. доклад об артельном сыроварении 20 марта 1869 г.).

### Январь 1869 г.

- Первые числа Дм. Ив. вернулся в Петербург после первой поездки на сыроварни. Приступил к написанию части 2 «Основ химии», начиная с главы 1, посвященной Na (см. справку перед началом части 2 «Основ химии»).

- Составил новый вариант плана части 2 «Основ химии» (см. фотокопию XII).
- 31 На Совете ВЭО доложено, что Дм. Ив. намерен около 20 февраля выехать в Тверскую губернию с целью продолжить обследование сыроварен (см. Протоколы Совета ВЭО).

### Февраль 1869 г.

- Первая половина месяца Дм. Ив. продолжал писать первые главы части 2 «Основ химии»; после окончания главы 2 оказался перед необходимостью решить — какую группу металлов надо излагать после щелочных металлов. Остановившись на щелочноземельных металлах, не мог найти для этого теоретического обоснования.
- Середина месяца Закончил в основном главу 3 части 2 «Основ химии».
- 15 Написал прошение об отпуске с 17 февраля на 10 дней для поездки на сыроварни. Получил свидетельство об отпуске сроком по 28 февраля (см. Архив Петербургского университета).
- 17 *День открытия периодического закона.* Утром получил письмо от секретаря ВЭО А. И. Ходнева о сроке выезда на сыроварни. На обороте письма Дм. Ив. сделал первые выкладки путем сопоставления групп элементов (см. фотокопию II). Продолжая эти выкладки, составил две таблички элементов (см. фотокопию III). Встретившись с трудностью в распределении семейств Fe, Pt, Pt и Se и всех малоизученных элементов, прибег к «химическому пасьянсу», для чего составил карточки элементов и разбил их на 4 кучки. Предварительно на полях вып. 1 «Основ химии» составил список уточненных атомных весов (см. фотокопию IIIa). Ход «пасьянса» Дм. Ив. последовательно записывал в полную черновую таблицу для 63 элементов (см. фотокопию IV), а итоговый результат переписал набело, назвав его «Опытом системы элементов, основанной на их атомном

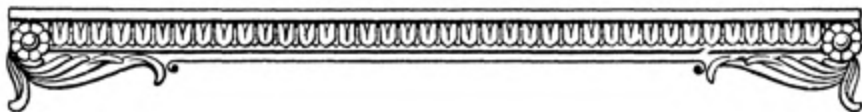
- весе и химическом сходстве» (см. фотокопию V). Переписанное сдал в набор, потребовав срочно корректуру.
- 18 или немного позднее Приступил к написанию статьи «Соотношение свойств с атомным весом элементов». В ходе написания статьи составил ряд вариантов периодической системы элементов: короткий горизонтальный для 17 элементов (см. фотокопию X) и для 55 элементов (см. фотокопию VI); короткий вертикальный для 58 элементов (см. фотокопию VII), а также с разбивкой элементов по их атомности (см. фотокопию IX).
- 20-е числа Внес исправления в корректуру листка с «Опытом системы элементов» (см. табл. 34). Составил вариант системы элементов с удельными весами и атомными объемами для 58 элементов (см. фотокопию VIII). (Возможно, что эту таблицу составил позднее, примерно в марте 1869 г.)
- Доработал общий план 2-й части «Основ химии» (см. фотокопию XII). (Возможно, сделал это позднее, в марте 1869 г.)
- Конец месяца Сделал набросок выводов для статьи «Соотношение свойств с атомным весом элементов» (см. фотокопию Xa).
- Конец февраля или начало марта Закончил статью «Соотношение свойств с атомным весом элементов», передал ее Н. А. Меншуткину с просьбой зачитать эту статью на мартовском заседании Русского химического общества (РХО).
- » Наметил план сравнительного изучения Li и Be. (Возможно, что это было сделано немного позднее.)
- 28 февраля В канцелярии университета отсрочил время окончания отпуска с 28 февраля до 12 марта (см. фотокопию XIII).

### Март 1869 г.

- 1 Дм. Ив. разослал отпечатанный листок с «Опытом системы элементов» многим химикам (см. «Список моих сочинений» и фотокопию XI).



- Между 1 и 4 Выехал из Петербурга в Тверскую губернию для обследования артельных сыроварен.
- 4, 5 и 6 Обследовал едимновскую сыроварню (см. доклад об артельном сыроварении от 20 марта 1869 г.)
- 6 На заседании РХО Н. А. Меншуткин зачитал сообщение Дм. Ив. об открытии периодического закона. В это время Дм. Ив. обследовал сущевскую, видогощскую и, последней, щербовскую сыроварню (см. доклад об артельном сыроварении от 20 марта 1869 г. и фотокопию XIV).
- 12 Вернулся в Петербург.
- После 12-го Сделал вставки в печатавшуюся 1-ю часть «Основ химии» (см. предисловие ко 2-му изданию «Основ химии»).
- Приступил к написанию очередной, 4-й, главы, части 2 «Основ химии» (Mg, Ca и т. д.). Сделал запись о расходах на поездку на сыроварни (см. Записную книжку 1861—1871 гг.). Ознакомился с работой артели склада в Петербурге (см. доклад об артельном сыроварении 20 марта 1869 г.).
- 17 Получил личную записку от А. Советова о предстоящем заседании 1-го Отделения ВЭО.
- 18 Получил официальное приглашение на собрание 1-го Отделения ВЭО; на приглашительном письме сделал пометку о вышедшем в свет 2-м выпуске «Основ химии».
- 20 На собрании 1-го Отделения ВЭО сделал доклад об итогах обследования артельных сыроварен, которое провел в декабре 1868 г. и в марте 1869 г.
- Конец месяца Продолжал работать над 2-й частью «Основ химии», излагая ее в соответствии с периодическим законом.



## ЧАСТЬ ВТОРАЯ

### ДОПОЛНЕНИЯ К ГЛАВЕ VI

[Д о п. 44]. Другие свидетельства,  
косвенно подтверждающие некоторые детали  
рассказа А. А. Иностранцева  
(К стр 161)

Угнетенное, мрачное состояние у Дм. Ив. вполне могло сложиться вследствие неожиданно возникших трудностей при попытке составить сразу полную систему элементов. По поводу такого рода внезапных переходов к угнетению и мрачности сам Дм. Ив. писал в своем дневнике 1861 г. (запись от 6/18 февраля):

«Боже мой, какой день-то — переживаешь все в жизни, видно. Ладно, во всяком случае, то, что есть что-то не пошло-обыкновенное, рассчитанное, есть поэзия неожиданности, мук, сменяющихся удовольствиями и минутами покоя, часами какой-то апатии духа, сопровождающейся необычайною крепостию нервов, — переносишь все — только потом расплачешься» [14, 124].

Возможно, что Иностранцев застал Дм. Ив. в такую именно минуту.

Что же касается того, что Дм. Ив. любил работать стоя, у своей конторки, то на этот счет сохранилось немало свидетельств, в том числе и портрет, написанный художником Н. А. Ярошенко, репродукция с которого помещена в начале нашей книги. О том же свидетельствует, например, и дочь Дм. Ив. от первого брака — Ольга Дмитриевна (1868—1950): «В молодые годы Дм. Ив. занимался стоя у конторки и реже за столом»<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> О Д Тригорова-Менделеева, Менделеев и его семья, Изд АН СССР, 1947, стр. 36

## [Д о п. 45]. Хроника событий 17 февраля 1869 г.

(К стр. 164)

Приблизительный подсчет того, сколько времени у Дм. Ив. могла занять каждая из стадий открытия периодического закона, а значит и весь процесс его открытия, основывается на следующих соображениях.

Допустим, что письмо Ходнева Дм. Ив. получил утром, часов в 9, а готовую таблицу «Опыт системы элементов» он снес в типографию вечером, часов в 9, и что работал он над своей системой почти без перерывов, примерно с 9 часов утра до 9 часов вечера, т. е. около 12 часов подряд. За это время днем его отвлек один раз ненадолго приход Иностранцева (примерно на четверть часа), и уже вечером он прилег отдохнуть и проспал около получаса. Остальное время могло распределиться следующим образом:

1) Заметки на письме Ходнева, вероятно, заняли минут 15—20, составление верхней таблички — минут 30—40, а составление нижней таблички и размышление над нею — час-полтора; итого от полутора до двух с половиной часов.

2) Составление списка атомных весов, возможно, отняло минут 20—30; написание карточек с подробными данными для 36 неясных элементов и с краткими данными для 27 ясных элементов могло занять часа два-два с половиной; итого от двух с половиной до трех часов.

3) Раскладывание «пасьянса» могло занять около четырех или пяти часов; переписывание готовой таблицы набело — 30—40 минут; итого от четырех с половиной до пяти с половиной часов.

Значит, вся работа, как я предполагаю, была выполнена примерно в течение восьми с половиной — одиннадцати часов, что вполне укладывается в промежуток времени с 9 часов утра до 9 часов вечера, с коротким перерывом, вызванным приходом Иностранцева и отдыхом по окончании работы над черновой таблицей.

В «Хронике событий 17 февраля 1869 г.» (см. ниже) составлено возможное распределение времени при работе Дм. Ив. над созданием периодической системы элементов. Разумеется, этот порядок составлен сугубо ориентировочно, с единственной целью показать, что у Дм. Ив., как мне кажется, имелась полная возможность в течение одного дня произвести все выкладки и записи, связанные с открытием периодического закона.



Александр Александрович Иностранцев

# ХРОНИКА СОБЫТИЙ 17 февраля 1869 г. (Составлено предположительно)

|                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Утро</i>                        | Собирался к отъезду на сыроварни (заявление Дм. Ив. от 15 февраля 1869 г. о намерении выехать из Петербурга 17 февраля 1869 г.).                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| <i>Первая<br/>половина<br/>дня</i> | <p>Получил письмо от Ходнева и на обороте стал делать выкладки, касающиеся элементов и их атомных весов (фотокопия II с датой 17 февраля 1869 г.).</p> <p>Составил верхнюю неполную табличку элементов (фотокопия III с датой 17 февраля 1869 г.).</p> <p>Составил нижнюю неполную табличку элементов (фотокопия III с датой 17 февраля 1869 г.).</p> <p>Сообщил зашедшему к нему Иностранцеву о трудностях составления таблицы элементов (первая часть свидетельства Иностранцева).</p>                                                                                                                                                                                                                               |
| <i>Вторая<br/>половина<br/>дня</i> | <p>Составил список уточненных весов (см. пометки на полях 1-го выпуска «Основ химии», фотокопия IIIa, без даты).</p> <p>Написал карточки 63 элементов (свидетельство Дм. Ив. в «Основах химии»).</p> <p>Разделил карточки на кучки; начал раскладывать «пасьянс», последовательно включая в таблицу сначала «ясные» элементы (27), затем — менее ясные («безместные») — «легкие» (13) и «тяжелые» (17) и под самый конец — «сомнительные» (6) (фотокопия IV, без даты).</p> <p>Закончил «пасьянс» и сделал последнюю запись в полной черновой таблице элементов, поставив знак, означающий завершение работы (фотокопия IV, без даты).</p> <p>Прилег отдохнуть и заснул (вторая часть свидетельства Иностранцева).</p> |
| <i>Поздний<br/>вечер</i>           | <p>Проснулся, переписал в ином порядке таблицу элементов набело, дал ей заглавие «Опыт системы элементов» и сделал пометки для типографии (фотокопия V, с датой 17 февраля 1869 г.).</p> <p>Отдал рукопись в набор (фотокопия V, с датой 17 февраля 1869 г.).</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |

[Д о п. 46]. Легенда об открытии периодического  
закона во сне

(К стр. 164)

Легенду о том, что Дм. Ив. открыл периодический закон якобы во сне, повторил И. Нечаев в своей книге для детей, рассказывающей об истории открытия химических элементов<sup>1</sup>.

Позднее подобная версия была подхвачена рядом авторов. В 1948 г. ее повторил, например, П. П. Иониди в своей докторской диссертации на тему «Мировоззрение Д. И. Менделеева», которую он защитил в Институте философии Академии наук СССР в 1950 г.<sup>2</sup>

При этом важно отметить, что эта глубоко неверная версия основана, по сути дела, на идеалистических положениях, созвучных с бергсоновским интуитивизмом; П. П. Иониди защищал ее уже *после того* как документально была доказана несостоятельность легенды о том, будто Дм. Ив. сделал свое великое открытие во сне. Тем не менее П. П. Иониди совершенно бездоказательно вновь повторил уже опровергнутую легенду идеалистов, искажающую действительную историю создания Дм. Ив. периодической системы элементов. Особенно странно то, что это было сделано в философской диссертации, которая защищалась в ведущем философском учреждении нашей страны.

Следует указать также на попытку обосновать эту легенду с помощью павловского учения. Именно такую, более чем странную, задачу поставили перед собой З. Косенко и А. Ремезова в популярной книжке, написанной для детей среднего и старшего возраста.

В этой книжке есть раздел, озаглавленный: «Творчество во сне». Здесь написано:

«У спящего человека клетки мозга заторможены, но работа мозга во сне не прекращается... Во сне ночью могут рождаться мысли, ценные и для жизни днем. Были случаи, когда изобретатели разрешали во сне трудные задачи... Великий химик Менделеев рассказывал, что открытая им периодическая система химических элементов окончательно елжилась ночью.

Днем ученый в поисках закономерностей раскладывал свои карточки с названием химических элементов. Они должны были лечь особнным образом. Так он делал долгое время ежедневно. Однако химические элементы у него не раскладывались как

<sup>1</sup> И. Нечаев, Рассказы об элементах, М.— Л. 1944.

<sup>2</sup> П. П. Иониди, Мировоззрение Д. И. Менделеева, ч. 2, М. 1948, стр. 384; диссертация на соискание ученой степени доктора философских наук находится в Государственной библиотеке им. В. И. Ленина в Москве.

надо. Однажды он лег спать, и мозг, продолжая дневную работу, неожиданно завершил ее. Периодическая система предстала вдруг в отчетливо ясном виде, все элементы стояли на своих местах.

Эти исключительные случаи — не чудеса, не какое-то «божественное наитие», как думают и теперь идеалисты. Это можно объяснить учением Павлова.

Великие люди — Пушкин, Данте, Менделеев — творили с большим вдохновением. Месяцами, годами вынашивали они свои идеи. И засыпали каждый раз с мыслями о них.

В ночном сне мозг освобождался от всяких других раздражителей, которые днем могли отвлекать в сторону. Все участки коры затормаживались; не могли уснуть только те неутомимые клетки, которые были упорно заняты мыслью о самом главном. Теперь им ничего не мешало.

И вот в сознание спящего пробивалась главная идея и постепенно становилась необыкновенно ясной и простой. Все, что напряженно подготавливалось работой многих дней, но не было завершено, вдруг вспыхивало ярким, проникновенным светом. Оно получало совершенную форму. И оставалось только сказать об этом всему миру»<sup>1</sup>.

Итак, согласно авторам, у Дм. Ив., пока он бодрствовал днем, карточки с химическими элементами не раскладывались как надо. Следовательно, днем он никак не мог открыть периодический закон и создать на его основе свою периодическую систему элементов. Эти поиски «неожиданно» были завершены во сне, в процессе подсознательной деятельности мозга, продолжавшего и ночью дневную работу. Периодическая система предстала «вдруг» в завершенном виде — так, что все элементы стали на свои места.

На этом примере мы видим, как живучи ложные легенды. Даже после их разоблачения у них находятся все новые и новые защитники. В данном случае авторы (Косенко и Ремезова) поставили цель «освободить» идеалистическую версию Лапшина от идеализма и представить ее в материалистическом виде. Однако от этого она не стала менее порочной. Дело в том, что все это вымысел. Поэтому никакими ссылками на павловское учение нельзя выдать за действительное то, чего не было.

После опубликования в «Комсомольской правде» моего письма с возражениями против утверждений, сделанных в брошюре З. Косенко и А. Ремезовой<sup>2</sup>, я получил через редакцию названной газеты письмо от одного читателя.

<sup>1</sup> З. Косенко, А. Ремезова, Рассказы о жизни мозга, Детгиз, М.—Л. 1953, стр. 163—164.

<sup>2</sup> См. мое письмо «Легенда вместо истории» в «Комсомольской правде» от 25 февраля 1954 г.



Автор письма понял меня так, будто я вообще отрицаю возможность каких-либо творческих актов, совершающихся во время сна и органически вплетающихся в сновидение спящего человека. Ничего подобного я никогда не утверждал. Более того, в отношении открытия периодического закона Менделеевым я считал и считаю, что в известной степени мог быть прав Иностранцев, свидетельствующий со слов самого Дм. Ив. о заключительном этапе этого открытия.

Но я возражал и категорически возражаю в настоящее время против в корне неверного утверждения, будто Дм. Ив. открыл или мог открыть периодический закон во сне. Все обнаруженные до настоящего времени материалы полностью опровергают это утверждение.

Опровержение легенды о мнимом открытии периодического закона во сне находит уже отклик в новейших работах некоторых авторов, например в брошюре О. Н. Писаржевского, посвященной биографии Дм. Ив.<sup>1</sup>

**[Д о п. 47]. Легенда о раздельном открытии закона  
и системы  
(К стр. 169)**

Недавно, уже после опубликования новых архивных материалов [6, 139—140], [8], опровергающих легенду о мнимом открытии периодического закона до составления общей системы элементов, с поддержкой все той же легенды выступил профессор Химического факультета Московского университета К. Г. Хомяков. В своей статье «К истории открытия периодического закона Д. И. Менделеева» он пишет:

«Совокупность всех нам известных материалов говорит за то, что период творческой деятельности Д. И. Менделеева в 1868—1871 гг. следует подразделить на три этапа: первый этап — мысль о всеобщей, единой системе элементов, искание путей к решению этой проблемы, открытие периодического закона; второй этап — разработка и создание периодической системы элементов; третий — вывод всех следствий, вытекающих из периодического закона и периодической системы элементов... С опубликованием новых материалов мы теперь достаточно полно знаем второй и третий этапы. Что же касается первого этапа, то, к сожалению, новые материалы ничего не могут прибавить к тому, что нам было известно ранее» [15, 20—21].

Говоря о черновой таблице, изображенной на фотокопии IV, К. Г. Хомяков отвергает мысль, что Дм. Ив. начал ее

<sup>1</sup> О. Н. Писаржевский, Дмитрий Иванович Менделеев. Его жизнь и деятельность, Гостехтеоретиздат, М. 1953, стр. 71.

составлять «еще будто бы до открытия им периодического закона». Автор утверждает:

«В действительности же этот документ представляет первый вариант периодической системы, т. е. начало второго этапа работы, начало работы над созданием периодической системы элементов на основе уже открытого к этому времени Д. И. Менделеевым периодического закона» [15, 21].

Можно, конечно, выдвигать различные предположения и строить любые гипотезы. Но, для того чтобы они могли иметь научное значение, необходимо соблюдение по крайней мере двух основных условий:

во-первых, чтобы выдвигаемые предположения и гипотезы были подкреплены фактическими данными, в нашем случае, касающемся истории науки, — архивными документами и заявлениями Дм. Ив., сделанными им в печати;

во-вторых, чтобы эти гипотезы и предположения не противоречили уже известным фактам, а служили их объяснением.

К сожалению, указанные условия не соблюдены К. Г. Хомяковым. Автор не привел *ни одного факта* в подтверждение своей гипотезы, гласящей, что Дм. Ив. сначала открыл периодический закон (I этап), а затем на его основе создал периодическую систему элементов (II этап).

Вся эта гипотеза построена лишь на одних предположениях, носящих сугубо общий, неконкретный характер.

Более того, легко показать, что гипотеза К. Г. Хомякова находится в прямом противоречии со всем, что было известно ранее и что стало известно в последнее время относительно истории открытия периодического закона.

Когда печаталась статья К. Г. Хомякова, были уже опубликованы фотокопии IV и V. Более того, уже тогда стали известны и мною были доложены публично следующие документы:

1) ранний и поздний планы «Основ химии» 1868 г. (фотокопия I; табл. 3 и 5);

2) ранний и поздний план «Основ химии» 1869 г. (фотокопия XII; табл. 7 и 48),

3) письмо Ходнева (фотокопия II);

4) обе неполные таблички элементов (фотокопия III);

5) новый список атомных весов (фотокопия IIIa).

Однако К. Г. Хомяков прошел мимо этих дополнительно обнаруженных документов, что снизило научное значение его статьи.

Суть дела в том — и в этом корень ошибки К. Г. Хомякова, — что I этап (по его терминологии) не может быть обособлен и отделен от II этапа. Оба они представляют один *единый этап*, а не два разных, следующих один за другим этапа.

Другими словами, исходная гипотеза, приведенная К. Г. Хомякова к искусственному отделению открытия периодического закона от создания периодической системы элементов, неправоверна и не соответствует фактам.

[Доп. 48]. Признание факта сопоставления групп элементов при открытии периодического закона  
(К стр. 177)

Интересно отметить, что на родине Б. Ф. Браунера, в Чехословакии, данные мною разъяснения встретили полное понимание и получили поддержку. Так, чешский историк химии Микулаш Тайх в статье «К истории возникновения и разработки периодического закона Менделеева» отмечает, что сначала Дм. Ив. разместил «ясные» элементы в своей таблице. Далее автор пишет:

«Из этого бесспорного ядра системы прямо бросалось в глаза, что рядом выстроены в два ряда элементы, химические свойства которых наиболее между собой различаются: щелочные металлы (Li, Na, K, Rb, Cs) и галогены (F, Cl, Br, J)»<sup>1</sup>.

Приведя расшифровку полной черновой таблицы, автор замечает, что советским работникам удалось найти новые материалы, которыми «был положен конец легендам и устранены некоторые существовавшие до сих пор неясности»<sup>2</sup>. При этом автор делает ссылку на мою работу 1950 г. [6, 136—145].

Следует отметить, что за последнее время ряд советских авторов также присоединился к высказанной мной гипотезе, касающейся истории открытия периодического закона. Среди них можно назвать следующих: Ю. В. Ходаков, О. Н. Писаржевский, В. А. Мезенцев, С. М. Ария, Б. Степанов, С. В. Маркевич<sup>3</sup> и другие. Все они принимают предложенное мной решение вопроса, заключающееся в том, что Дм. Ив. первоначально сопоставил между собой не отдельные элементы, сводя их в общий ряд, а целые группы по величине атомного веса их членов, сближенных попарно, подобно  $Cl=35,5$  и  $K=39$ .

<sup>1</sup> «Sborník pro dějiny přírodních věd a techniky», I, CSAV, Praha 1954, стр. 206.

<sup>2</sup> Там же, стр. 203.

<sup>3</sup> Ю. В. Ходаков, Общая и неорганическая химия. Книга для учителей, изд. АПН РСФСР, М. 1954, стр. 40; О. Н. Писаржевский, Дмитрий Иванович Менделеев. Его жизнь и деятельность, Гостехтеоретиздат, М. 1953, стр. 68—74; В. Мезенцев, Загадка вещества, Детгиз, М.—Л. 1951, стр. 66; С. М. Ария, Великий закон природы, Детгиз, М.—Л. 1953, стр. 26—27; Б. Степанов, История великого закона, изд. «Молодая гвардия», изд. 2, 1952, стр. 176—178; С. В. Маркевич, Периодическая система элементов Д. И. Менделеева в свете новейших исследований, Минск, 1957, стр. 8—10.

Интересно также отметить, что еще в 1952 г. упоминавшийся уже выше автор киносценария о Менделееве покойный Г. Э. Гребнер придерживался старой версии об открытии периодического закона: у Гребнера Дм. Ив. ползает по полу и раскладывает в один общий ряд карточки 63 элементов, написанные на оборотных сторонах визитных карточек.

Разложив все эти карточки подряд на ковре, Дм. Ив. затем, по изображению Гребнера, обнаруживает периодическое повторение аналогичных элементов в их общем ряду.

Следует отметить, что указанный сценарий, содержащий столь вольное изображение научного творчества великого химика, не был воплощен в фильм и не увидел света.

Верную картину открытия периодического закона Дм. Ив. дает научно-популярный фильм «Тайна вещества» (сценарий В. М. Грязнова), вышедший на экран в 1956 г. В этом фильме показано, как Дм. Ив. сначала расположил в ряд карточки щелочных металлов, а затем под ними расположил карточки галоидов, что дало ему возможность обнаружить закономерное уменьшение атомного веса при переходе от щелочных металлов к галоидам каждый раз приблизительно на одну и ту же величину.

В фильме сняты некоторые документальные материалы, в частности некоторые составленные Дм. Ив. таблицы элементов (см. в этой книге фотокопии V и IX). Отсюда можно заключить, что фильм «Тайна вещества» дает правдивое, научно обоснованное изображение одного из самых выдающихся открытий в истории химии и всего естествознания.

**[Д о п. 49]. Легенда о сопоставлении элементов не группами,  
а в общем последовательном ряду**

*(К стр. 177)*

Недавно с защитой такой легенды выступил К. Г. Хомяков; он решительно возражает против допущения, что Дм. Ив. сопоставлял сначала только группы элементов, но не отпирывался сразу же от общего ряда элементов, составленного по величине их атомных весов.

К. Г. Хомяков пишет, что признать изложенную нами точку зрения на ход открытия периодического закона правильной — это будто бы равносильно утверждению того, что Д. И. Менделеев не знал современного ему состояния вопроса о закономерностях в группах сходственных элементов. К. Г. Хомяков возражает:

«Это, однако, неверно. Д. И. Менделееву хорошо было известно (например, из работ Дюма, на которые он ссылается в

своих статьях и которые он, следовательно, не мог не знать), что между атомными весами сходственных элементов давно подмечены простые отношения и в том числе постоянство разности атомных весов. Так, разность атомных весов между натрием и калием, фтором и хлором, магнием и кальцием, кислородом и серой одинакова и составляет 16—16,5; между калием и рубидием, хлором и бромом, кальцием и стронцием, серой и селеном—44,5—47,4 и т. д. Об этой близкой разности атомных весов Д. И. Менделеев говорит в своей первой статье, касающейся периодического закона и периодической системы элементов, указывая в то же время, что эта близость отнюдь не представляет подобия гомологии, ибо здесь настоящей гомологической разности не существует. Таким образом, Д. И. Менделеева не должен был поразить тот факт, что атомные веса всех галоидов оказались меньше атомных весов щелочных металлов. Это не открытие, а следствие известного Д. И. Менделееву постоянства разности атомных весов в группах сходственных элементов» [15, 19—20].

Все эти рассуждения построены на недоразумении.

Конечно, Дм. Ив. отлично знал работы своих предшественников, начиная с работ Деберейнера. Но в этих работах сопоставлялись атомные веса лишь *сходных* элементов, входящих в одну и ту же «естественную группу», например щелочных металлов:

$$23 (\text{Na}) - 7 (\text{Li}) = 16;$$

$$39 (\text{K}) - 23 (\text{Na}) = 16.$$

Или галоидов:

$$35,5 (\text{Cl}) - 19 (\text{F}) = 16,5 \text{ и т. д.}$$

Все такого рода сопоставления по существу делались до Дм. Ив. в пределах «естественных групп», т. е. *внутри* этих групп, а не *между* ними.

Вся *суть* того принципиального шага вперед, который сделал Дм. Ив., состояла как раз в том, что были сопоставлены атомные веса *несходных* элементов, входящих в *разные* группы.

Многочисленные высказывания Дм. Ив. на этот счет, начиная с его первой статьи о периодическом законе (февраль — март 1869 г.) и кончая последним прижизненным изданием «Основ химии» (1905—1906 гг.), свидетельствуют о том, какое большое значение сам Дм. Ив. придавал этому обстоятельству.

Отличие своей системы от систем своих предшественников он видел как раз в том, что раньше сопоставлялись атомные веса *сходных* элементов, обособленных в замкнутые группы, а он, Дм. Ив., сопоставил, или сблизил, атомные веса *несходных* элементов.

Непонятно, как К. Г. Хомяков мог пройти мимо этих прямых и неоднократных заявлений самого Дм. Ив.? Приведем некоторые из этих заявлений.

В конце своей первой статьи о периодическом законе (март 1869 г.) Дм. Ив. писал:

«Цель моей статьи была бы совершенно достигнута, если бы мне удалось обратить внимание исследователей на те отношения в величине атомного веса *несходных* элементов, на которые, сколько то мне известно, до сих пор не обращалось почти никакого внимания» [2, 16].

Дм. Ив. подчеркивает здесь, что он обратил внимание на то, что отрицалось или упускалось из виду его предшественниками и современниками. Следовательно, Дм. Ив. сделал в подлинном смысле слова научное *открытие*, когда он сблизил атомные веса *несходных* элементов и пришел таким путем к созданию всеобщей системы элементов.

Как же можно считать все это не открытием, а простым следствием давно известных уже Дм. Ив. отношений «постоянства» разности атомных весов в группах сходственных элементов? И неужели же если отвергнуть такое неверное мнение, то это значит приписать Дм. Ив. незнание современного ему состояния вопроса? В марте 1871 г. Дм. Ив. снова подчеркивал:

«...Периодическая зависимость свойств *несходных* элементов и их соединений от атомного веса элемента могла быть установлена лишь после того, как она доказана для *сходных* элементов. В сопоставлении *несходных* элементов заключается моему основной признак, отличающий мою систему от систем моих предшественников. За немногими исключениями я привял те же группы аналогичных элементов, что и мои предшественники, но поставил целью изучить закономерности во взаимоотношении групп. Тем самым я пришел к вышеупомянутому общему принципу...» [2, 221—222].

Еще позднее (в июле 1871 г.) Дм. Ив. вновь вернулся к этому вопросу. Он писал:

«...Не явилось, сколько то мне известно, ни одного обобщения, связывающего все известные естественные группы в одно целое и оттого выводы, сделанные для некоторых групп, страдали отрывочностью... Между *несходными* элементами и не искали даже каких-либо точных и простых соотношений в атомных весах, а только этим путем и можно было узнать правильное соотношение между изменением атомных весов и других свойств элементов. Отрывочность добытых результатов делала их мало пригодными для теоретического прогресса химии...» [6, 22—23].

Мы могли бы привести еще много аналогичных высказываний Дм. Ив., но ограничимся этими. Из них ясно видна главная



идея, которой Дм. Ив. руководствовался в поисках периодического закона, или, как он сам выражался, *цель*: она заключалась в том, чтобы сопоставить (сблизить) химически несходные элементы по величине их атомных весов.

До Дм. Ив.  $\text{Cl}=35,5$  и  $\text{K}=39$  резко обособлялись друг от друга и противопоставлялись один другому как представители двух полярно-противоположных групп элементов — галогенов и щелочных металлов.

Разность атомных весов до Дм. Ив. определялась между атомными весами  $\text{Cl}$  и  $\text{F}$ , между  $\text{K}$  и  $\text{Na}$  (=около 16) или между  $\text{Cl}$  и  $\text{Br}$ , между  $\text{K}$  и  $\text{Rb}$  (=около 45) и т. д., но не между  $\text{Cl}$  и  $\text{K}$  (=около 4).

Происходило это оттого, что до Дм. Ив. химики учитывали лишь те взаимоотношения, которые существовали между сходными элементами. Следовательно, до Дм. Ив. *сходство* элементов бралось в резком отрыве от их *различия* (несходства); на этом-то абстрактно учтенном моменте одного лишь сходства элементов строилась старая классификация элементов, с их разбивкой на «естественные группы».

Находить разность в атомных весах  $\text{K}$  и  $\text{Cl}$  до Дм. Ив. никому не приходило в голову именно потому, что для этого надо было сделать в методологическом отношении решающий шаг и порвать с господствовавшей традицией, которая требовала сопоставлять и сблизать элементы лишь по их химическому сходству.

Суть того, что сделал Дм. Ив., состояла в том, что он порвал с этой устарелой и неверной традицией и рассмотрел те отношения в атомных весах, которые существуют у химически несходных элементов.

Вот почему сближение  $\text{K}$  и  $\text{Cl}$  по величине их атомных весов ( $\text{K}=39$  и  $\text{Cl}=35,5$ ) представляло собой отнюдь не повторение и не продолжение тех выкладок, которые во множестве делались до Дм. Ив. (как это полагает К. Г. Хомяков), а нечто подлинно *новое*, ранее *неизвестное* и не *принятое* в науке. В этом отношении Дм. Ив. выступил как смелый новатор, как подлинно передовой ученый, решительно ломающий устарелые традиции в науке.

С этих пор элементы стали рассматриваться так, что учитывались одновременно во внутренней взаимосвязи — и их химическое сходство при сближении элементов в одну группу аналогов, и их химическое различие при сближении элементов между собой по величине их атомных весов.

Основная ошибка К. Г. Хомякова проистекает, как мне кажется, из того, что он не понял этого главного момента в ходе открытия периодического закона, этой цели, которую Дм. Ив. поставил перед собой и которая составила самую *суть* сделанного им открытия.



С этой основной ошибкой связана у К. Г. Хомякова и другая ошибка. Приводя то же самое место из «Основ химии» [2, 265], которое я процитировал выше (см. стр. 176 этой книги), автор утверждает:

«Эти слова впервые появились в третьем издании «Основ химии», однако они выражают мысли и убеждения Д. И. Менделеева, которые были у него в годы открытия им периодического закона и неизменно им разделялись до конца жизни. Исходя из этого свидетельства Д. И. Менделеева, не изменяя ход его мысли, а лишь детализуя ее, можно высказать следующее: основное положение о том, что «величина атомного веса определяет природу элемента», может быть доказано, а следовательно, может быть построена система элементов, основанная на этом положении только одним, единственно возможным способом — сличением свойств элементов, расположенных в непрерывный ряд по величине их атомного веса. Только подобным сличением возможно решить вопрос, существует ли закономерное изменение в свойствах элементов в связи с закономерным изменением атомного веса. Однако этот путь невозможно было осуществить в его полном объеме...» [15, 21—22].

«Однако, — спрашивает далее автор, — есть ли необходимость иметь полный ряд элементов для решения поставленной задачи? Не достаточно ли рассмотреть отрезки этого ряда, сравнимые между собой, но разбросанные по всему ряду? Элементы естественной группы щелочных металлов представляют члены непрерывного ряда элементов и довольно далеко отстоят друг от друга в этом ряду. То, что они сходны в химическом отношении, может означать или то, что никакой закономерности между атомными весами и другими свойствами не существует, или уже дает предчувствие закона периодичности. Весь вопрос решается тем, известны ли элементы, стоящие в этом ряду рядом или очень близко от щелочных металлов, и что это за элементы по своим химическим свойствам. Именно отсюда, как нам кажется, появилась идея о сопоставлении групп сходственных элементов. Замечательным фактом явилось то, что элементами, весьма близкими по атомным весам, следовательно, рядом или почти рядом стоящими слева от щелочных металлов в непрерывном ряду элементов, оказались галоиды с резко отличными свойствами, а справа — щелочноземельные металлы. Теперь, имея эти отрезки непрерывного ряда элементов и сопоставляя свойства несходных элементов в этих отрезках

... F, Na, Mg...Cl, K, Ca... Br, Rb, Sr... J, Cs, Ba...

и учитывая, что, как бы сложно ни изменялись свойства элементов, расположенных в промежутках между отрезками, не может быть иного вывода, кроме того, который был сделан Д. И. Менделеевым: «свойства элементов, а потому и свойства образуемых

ими простых и сложных тел стоят в периодической зависимости от их атомного веса".

Следует особо подчеркнуть, что одна и та же закономерность во всех отрезках, включающих по три элемента и расположенных первый почти в начале непрерывного ряда элементов, последний — почти в конце его, убедительно говорит о том, что периодическое изменение свойств охватывает действительно всю совокупность элементов» [15, 22].

Итак, К. Г. Хомяков утверждает, что Дм. Ив. сначала расположил все элементы в один общий ряд по величине их атомных весов, затем в этом общем ряду зафиксировал повторяющиеся «отрезки», или своего рода «узлы», состоящие из трех примыкающих друг к другу элементов, принадлежащих к трем различным группам.

Не обращая пока внимания на остальные элементы, заполняющие переходы между этими «узлами» (К. Г. Хомяков их обозначает точками), Дм. Ив. будто бы на основании такого периодического повторения указанных «узлов» и *сделал* вывод о существовании периодического закона.

Между тем цитата, которую К. Г. Хомяков привел из 3-го издания «Основ химии» в подтверждение своей гипотезы, отнюдь не давала ни малейшего повода к такого рода умозаключению. Ведь в ней сказано лишь о том, что Дм. Ив. *непосредственно* сопоставил *три группы* элементов (галоидов, щелочных и щелочноземельных металлов), но К. Г. Хомяков истолковал ее по-своему, причем совершенно произвольно, будто здесь у Дм. Ив. говорится не о сопоставлении трех групп элементов, а о каком-то *вычленении* (из общего ряда элементов) отдельных «отрезков» по три элемента в каждом. Но никакой аргументации в пользу такого вывода К. Г. Хомяков не привел. Поэтому все его рассуждение представляет собою результат чисто умозрительного построения.

Высказав такое утверждение, ничем не доказанное и ни на чем не основанное, К. Г. Хомяков счел возможным объявить его даже не догадкой или предположением, а чем-то твердо установленным. Он пишет:

«В изложенном мной предположительном ходе творческой мысли Д. И. Менделеева в действительности нет ничего предположительного, за исключением того, что слова Д. И. Менделеева — «в этих трех группах видна сущность дела» — мы относим к моменту открытия периодического закона, предполагая, что именно эту «сущность дела» он увидел тогда» [15, 22].

В действительности же, конечно, высказанное К. Г. Хомяковым мнение является не только сугубо гипотетическим, но оно просто неправильно и противоречит известным фактам. У Дм. Ив. нет ничего похожего на тот общий ряд элементов с повторя-

ющимися «узлами» из представителей трех групп, который напечатан в статье К. Г. Хомякова.

Тем не менее самый факт появления статьи К. Г. Хомякова нужно приветствовать потому, что она, будучи по сути дела дискуссионной, привлекает внимание наших читателей к обсуждению не выясненных еще до конца вопросов, касающихся истории открытия периодического закона. Тем самым она толкает читателей, интересующихся этими вопросами, к тому, чтобы еще более глубоко и всесторонне изучать историю своей науки

[Д о п. 50]. Ошибочные предположения, связанные  
с легсидой о мнимом составлении общего  
ряда элементов, минуя их группы  
(К стр. 177)

Какие серьезные ошибки возникают при попытке, игнорируя факты, создавать спекулятивными путями всякого рода «гипотезы», противоречащие фактам, показывают следующие примеры.

В 1954 г. с поддержкой гипотезы К. Г. Хомякова выступил упоминавшийся уже выше А. Л. Колесников, хотя свою защиту указанной гипотезы он и не проводит открыто. Автор начинает с того, что связывает классификацию элементов по Дм. Ив. с расположением в ряд всех химических элементов «в порядке возрастания их атомных весов»<sup>1</sup>. В таком случае непосредственно за  $\text{Ca}=40$  должен был бы идти  $\text{Ti}=50$ ; но так как за  $\text{Mg}=24$  идет  $\text{Al}=27$ , то тем самым  $\text{Ti}$  должен был оказаться аналогом  $\text{Al}$ , которым он отнюдь не является.

В связи с таким исходным пунктом автор пишет: «Изучая свойства элементов по периодам, Менделеев увидел далее, что периодическая последовательность в изменении свойств химических элементов в отдельных местах нарушается. Так, на месте элемента, родственного алюминию ( $\text{Al}$ ), стоял согласно атомному весу титан ( $\text{Ti}$ ). Но этот элемент обладает совершенно иными свойствами. Более того, если все же оставить титан на этом месте, то тем самым нарушается последовательность в периодичности свойств и у других элементов.

Для Менделеева, убежденного в правоте сего закона, было ясно, что на месте титана должен стоять какой-то другой элемент. Но какой? Среди известных элементов, близких по атомному весу к титану, таких элементов не было»<sup>2</sup>.

<sup>1</sup> А. Л. Колесников, Закон Менделеева, Гостехтеоретиздат, М. 1954, стр. 10.

<sup>2</sup> Там же, стр. 17.

Так автор изображает историю предсказания экаалюминия. В его рассказе нет ничего соответствующего действительности. Во-первых, Дм. Ив. никогда не ставил  $Ti=50$  на место будущего экаалюминия, а потому и снимать его с этого места не было никакой нужды. Во-вторых, у Дм. Ив. никогда не возникало предположение, что на месте  $Ti$  должен был бы стоять какой-то другой элемент. В-третьих автор спутал экаалюминий с экабором, для которого Дм. Ив. оставил свободное место сразу за  $Ca=40$ . Но и на это место никогда Дм. Ив. не ставил  $Ti$ . Все приведенное рассуждение автора есть плод сплошного недоразумения. Источник этого недоразумения — ложная идея, противоречащая фактам и состоящая в допущении, будто Дм. Ив. начал свое открытие с составления общего ряда всех элементов по величине их атомных весов. Если бы автор не придерживался этой неверной точки зрения, лишенной всякой фактической основы, он не допустил бы столь явных ошибок.

Другим примером защиты все той же глубоко неверной точки зрения может служить недавно вышедшая книга Н. П. Агафошина, посвященная вопросам строения вещества. Придерживаясь общей концепции К. Г. Хомякова, автор пишет:

«Первый шаг в работе Менделеева по созданию системы элементов и заключался в том, что он расположил все известные ему в то время элементы (числом 63) в непрерывный вертикальный ряд по возрастанию их атомного веса и, проанализировав этот ряд, подметил, что в нем наблюдается явственная *повторяемость свойств* элементов через определенные *неодинаковые интервалы*...

Второй шаг в работе Менделеева заключался в том, что он разделил свой непрерывный вертикальный ряд карточек элементов на отрезки *неодинаковой длины и сопоставил эти отрезки друг с другом* с таким расчетом, чтобы карточки элементов с аналогичными свойствами располагались на одной и той же горизонтали.

Сделать это, однако, было не так-то просто. В отношении ряда элементов (например, торий  $Th$ ) ему пришлось усомниться в их атомных весах; другие (например, йод  $I$ ) пришлось расставить не в порядке возрастания атомного веса, а лишь в *соответствии с их химическими свойствами*. Ряд элементов пришлось «выдернуть» из тех «отрезков» непрерывного ряда, в которых они очутились, и вставить в другие»<sup>1</sup>.

Здесь перед нами образец надуманного освещения истории данного открытия. По Агафшину, получается так, что сначала все элементы были расположены в общий ряд по величине приписанных им атомных весов. Это значит, что  $Be=14$  и  $N=14$

<sup>1</sup> Н. П. Агафшин, Избранные главы общей химии (Основы строения вещества), Учпедгиз, М. 1956, стр. 36.

были поставлены на одно место, равно как и  $\text{Th}=118$  и  $\text{Sn}=118$ , а также  $\text{Nb}=94$  и  $\text{La}=94$ ,  $\text{Fe}=56$  и  $\text{Er}=56$ .

Далее, в этом мифическом ряду  $\text{Te}$  встал бы не перед  $\text{J}$ , а после него; между  $\text{Cl}=35,5$  и  $\text{K}=39$  был бы вклинен  $\text{In}=36$  (или же  $\text{In}=72$  должен был оказаться между  $\text{Zn}=65,2$  и  $\text{As}=75$ , или же, наконец,  $\text{In}=75,6$  должен был разъединить  $\text{As}=75$  и  $\text{Se}=79,4$ ) и т. д.

Законно спросить: где же Н. П. Агафшин нашел материалы и факты, подтверждающие столь смело выдвинутые им утверждения? А ведь он излагает все это вовсе не как свое личное *предположение*, а как нечто вполне установленное, делая свои заявления в категорической форме. Но никаких данных — ни свидетельств, ни архивных материалов, ни вообще каких-либо *доказательств* — автор не приводит в своей книге в пользу выдвигаемых им предположений.

Особенно странным кажется его заявление, что Дм. Ив. пришлось «выдергивать» какие-то элементы из «отрезков» непрерывного ряда и вставлять их в другие «отрезки». Ничего похожего не было обнаружено ни в одном из найденных менделеевских рукописных документов, равно как ни в одном из его высказываний на этот счет. В итоге гипотезы Н. П. Агафшина оказываются придуманными *ad hoc*, при полном игнорировании всех вообще известных фактов.

### {Д о п. 51}. Как сопоставлялись группы элементов — целиком или первыми членами?

(К стр. 178)

Следует остановиться еще на одном выступлении, относящемся к обсуждаемому нами вопросу. Мы имеем в виду диссертацию Э. Карповица «Значение философских взглядов Менделеева для открытия им периодического закона химических элементов», которая была защищена в Институте философии Академии наук СССР в 1954 г.

Касаясь наших работ, посвященных выяснению хода открытия периодического закона, автор пишет:

«Гипотеза проф. Кедрова правильно показывает ход мысли ученого после того, как Менделеев приступил к построению своей первой таблицы. Но это все же не является начальным этапом. Кедров не учел... указаний Менделеева на то, что он написал элементы на карточках, а также на «первую пробу», где он отобрал элементы с наименьшими атомными весами»<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Э. Карповиц, Значение философских взглядов Менделеева для открытия им периодического закона на химических элементов. Автореферат докторской диссертации, Москва—Рига 1954, стр. 21. (В дальнейшем в скобках указываются страницы этого издания.)

Это не совсем так. Как раз написание элементов на карточках и было мной положено в основу истолкования полной черновой таблицы. Что же касается «первой пробы», то, как уже говорилось выше, она не предшествовала открытию периодического закона и составлению полной системы элементов, а была «первой пробой» расположения элементов в общий ряд по величине их атомных весов, проведенной сразу же *после* составления полной черновой и белой таблицы, возможно уже на другой день после открытия периодического закона, т. е. во вторник 18 февраля 1869 г. или в ближайшие следующие дни.

Таким образом, ни указания на карточки, ни ссылка на «первую пробу» не меняют ничего в том, что, по высказанному мной ранее предположению, могло быть или должно было предшествовать составлению полной черновой таблицы.

Конечно, автор, безусловно, прав, полагая, что составление полной черновой таблицы нельзя все же считать самым начальным этапом построения системы элементов. Найденные дополнительно и публикуемые выше новые архивные материалы Дм. Ив. доказывают это неоспоримо. Но вместе с тем эти материалы не опровергают, а подтверждают то, что было мной предположительно высказано в 1950—1952 гг.

Э. Карповиц, однако, идет совершенно иным путем, в полном разрезе с тем, что говорят публикуемые здесь материалы. Он рассуждает следующим образом:

«Что этап, описанный проф. Кедровым, не является начальным этапом, на это указывает прежде всего методологическое соображение. До Менделеева никто не сравнивал несходные элементы, поэтому, прежде чем сблизить крайние группы, надо было найти, какие из несходных групп являются крайними и на каких основаниях их можно сблизить...

Для установления более правильной гипотезы надо иметь в виду основные положения, которыми Менделеев руководствовался при открытии периодического закона» (стр. 21).

К числу такого рода положений автор относит также признание того, что существует связь между группами несходных элементов. На этом основании автор заключает:

«Исходя из этих положений, у Менделеева создалась гипотеза о существовании всеобщего закона, связывающего все элементы. Количественным выражением этого закона он считал закономерное изменение атомного веса. Нет указаний на то, что Менделеев эту закономерность считал периодической, следовательно, он не мог начать с того, чтобы расположить элементы просто в порядке их атомных весов. Руководствуясь положением о единстве всех элементов и единстве их качественной и количественной определенностей, Менделеев начал с того, что расположил элементы в известных уже группах сходных элементов



в порядке их атомного веса. Что это так, видно из черновой таблицы, а также из первой таблицы, разосланной некоторым химикам. Чтобы найти порядок расположения этих групп, он отобрал элементы с наименьшими атомными весами (первые члены этих групп) и стал раскладывать их в том же порядке. Это дало ему первый намек на периодичность. Но, прежде чем показать периодичность, он должен был сближением противоположных групп дойти до единства многообразия. Расположив легкие элементы в порядке их атомного веса, он заметил близость двух противоположных групп: щелочных металлов и галогенов — близкие атомные веса и одинаковая валентность. Лишь после этого он приступил к составлению первой таблицы — черновика (имеется в виду полная черновая таблица. — Б.К.), а дальнейший ход мысли показан проф. Кедровым» (стр. 21—22).

В этом рассуждении многое вызывает сомнения. Во-первых, Дм. Ив. никак не мог знать *до составления* таблицы, что существует всеобщий закон и что его выражением служит правильное изменение атомного веса у несходных элементов. Все это было открыто только в процессе ее составления, начиная с первых выкладок, сделанных на письме Ходнева, и с двух неполных табличек, которые явились вступлением к «пасьянсу», и кончая полной черновой таблицей и белой таблицей.

Во-вторых, ссылка на «методологическое соображение» не имеет значения, если оно не подкреплено фактами, но никаких фактов Э. Карповиц не приводит, а потому вся его гипотеза оканчивается лишь одним гаданием.

В-третьих, для того чтобы заметить близость двух полярных групп, Дм. Ив. вовсе не требовалось располагать предварительно одни только легкие элементы в порядке их атомных весов, ибо к такому выводу вело самое сопоставление последних глав 1-й части «Основ химии» с первыми главами 2-й их части. Кстати, очень странно, что, строя «более правильную гипотезу», Э. Карповиц обошел указание Дм. Ив. о том, что его открытие родилось из обработки «Основ химии»; если бы это указание автором было учтено, то ему не пришлось бы делать столь натянутые предположения.

В-четвертых, Дм. Ив. не нужно было специально ни выяснять, какие из всех групп являются наиболее крайними, так как это было давно уже установлено и признано всеми химиками, равно как ему не требовалось предварительно располагать члены одной группы в порядке возрастания их атомных весов, ибо и это давно уже делалось химиками, да и сам Дм. Ив. принял это при описании группы галоидов и группы щелочных металлов в «Основах химии».

Наконец, в-пятых, автор абсолютно ничем не доказывает, что «первая проба» — расположить легкие элементы в один ряд



по величине их атомных весов — предшествовала у Дм. Ив. составлению полной черновой таблицы.

Таким образом, выдвинутая Э. Карповицем гипотеза отнюдь не выглядит ни более правильной, ни более обоснованной, чем выдвинутая мной.

В дальнейшем автор приводит дополнительные доводы в пользу своей гипотезы, возражая против того, что доказывалось мной ранее.

Разберем его возражения.

1) Прежде всего он пишет: «Нельзя лишь согласиться с Кедровым в том, что будто бы Менделеев увидел периодичность, когда дело дошло до магния. Периодичность он увидел еще до сближения противоположных групп» (стр. 22).

Спрашивается: откуда это следует? Ведь все без исключения документы свидетельствуют о противном, а именно — о том, что только из сопоставления противоположных групп и вообще групп несходных элементов вытекла сама идея о периодическом изменении свойств с изменением атомных весов элементов.

Что касается Mg, т. е. замыкания двух столбцов (второго и третьего) в один непрерывный ряд при подписывании групп одну под другой в формирующейся таблице, то и в нижней неполной табличке, и в полной черновой таблице такое замыкание совершилось впервые только тогда, когда на последней нижней строчке была записана группа Mg, Zn и Cd. В первой же строке уже стояли Na и K. Но  $K=39$  не мог вплотную примкнуть к  $Zn=65$ , тогда как  $Mg=24$  — единственный из всех — действительно вплотную подходил к  $Na=23$  и тем самым действительно замыкал оба столбца в единый непрерывный ряд.

Возможно, конечно, что я ошибаюсь в этом отношении. Но в таком случае, для того чтобы серьезно доказать это и опровергнуть выдвинутые мною доводы, необходимо противопоставить им нечто более обоснованное и соответствующее содержанию самих документов и свидетельств, а не чисто словесное заявление о том, что периодичность Дм. Ив. видел уже и до этого. Если такое предположение ничем фактическим не доказано, то как и кого оно может убедить?

2) Далее автор пишет: «Нельзя также согласиться с Кедровым в том, что следующий после составления чернового наброска (речь идет о той же фотокопии IV. — Б.К.) этап заключается лишь в переписывании таблицы начисто в обратном порядке, делая лишь некоторые усовершенствования... Чтобы найти рациональную форму таблицы, Менделеев расположил все элементы в один ряд и «ломал» его по периодам. На это указывает обсуждение им различных возможных форм таблицы. К этому

этапу относится расположение элементов на карточках и рассказ о «приснившейся» таблице» (стр. 22).

Здесь правильное смешивается с явно ошибочным действительность — с домыслами. Опять без всяких доказательств автор заявляет о том, что при составлении беловой таблицы, изображенной на фотокопии V, Дм. Ив. должен был предварительно располагать все элементы в непрерывный ряд с тем, чтобы после этого делить («ломать») этот ряд на периоды. Но откуда это известно? Ведь никаких данных, могущих подтвердить это предположение, не обнаружено. Кроме того, непонятно, для чего потребовалось бы при переписывании набело результата, полученного в таблице, воспроизведенной на фотокопии IV, располагать все элементы в единый ряд по величине их атомных весов. Этого делать было не нужно для того, чтобы получить беловую таблицу, изображенную на фотокопии V. В ней все элементы и их группы, за малым и весьма несущественным исключением, расположены в том самом взаимоотношении (но только в обратном порядке), какой был найден и до этого (ср. фотокопии IV и V). Поэтому ни с фактической, ни с логической стороны соответствующее предположение Э. Карповица не выдерживает критики.

Что же касается обсуждения в первой статье различных вариантов системы, то все они, кроме исходного «Опыта системы элементов», были составлены позднее, в течение 10—12 дней начиная с 18 февраля 1869 г. Предпосылать их составлению беловой таблицы нет абсолютно никаких оснований.

Точно так же невозможно принять, как делает Э. Карповиц, что карточки были составлены не перед раскладыванием «пасьянса» и записыванием его результатов в полной черновой таблице, а после ее завершения. Но тогда эти карточки вообще уже не были нужны для перехода к беловой таблице. Ведь все изменения в этой последней по сравнению с черновой таблицей касаются таких деталей, для выявления которых можно было обойтись без карточек.

Дм. Ив. писал в «Основах химии», что расположение карточек быстро привело его к открытию того факта, что свойства элементов находятся в периодической зависимости от атомных весов. Но Э. Карповиц, следуя своей гипотезе, утверждает, что Дм. Ив. ввел карточки лишь тогда, когда вся периодическая система была уже составлена и ее оставалось только переписать начисто и уточнить в нескольких местах.

Спрашивается: как можно выдвигать утверждения, столь явно противоречащие не только одному другому, но и прямым указаниям Дм. Ив., опубликованным в «Основах химии»?

3) Наконец, ниже автор заявляет: «Нельзя согласиться с проф. Кедровым также по вопросу, почему Менделеев свою пер-

вую таблицу, разосланную некоторым химикам (речь идет об «Опыте системы элементов». — Б. К.), составил по принципу длинных периодов, тогда как в том же 1869 году он применил также короткую таблицу. Кедров решает этот вопрос просто, считая, что для Менделеева это был простейший путь. Чтобы решить этот вопрос, надо обратить внимание на причины, почему Менделеев в первой таблице периоды писал в вертикальных, а группы в горизонтальных рядах, тогда как в дальнейшем всегда придерживался обратного порядка. Это вытекает из того, что, начиная с известного, Менделеев мог прийти к периодическому закону, лишь сравнивая несходные, но уже изученные естественные группы. В первой таблице, чтобы убедить других, он должен был показать, что периодическая таблица «не противоречит естественному их сходству... а, напротив, прямо на них указывает». Если бы Менделеев остановился на короткой таблице, он показал бы подчеркнутую им двойную связь, что, как он говорит: «...значит нарушить естественное сходство элементов, как мне кажется». Следовательно, первую таблицу Менделеев сам считал лишь переходной, служащей для обоснования доказательства его открытия» (стр. 22—23).

Все это рассуждение ни на чем не основано. Э. Карповича не удовлетворило данное мной объяснение, что Дм. Ив. в поисках разности между атомными весами различных групп подписывал меньшие атомные веса под большими. В результате этого, как я показал, и получилась та форма таблицы, которая изображена на фотокопии IV.

Далее я показал, что длинная таблица давала возможность в наиболее ясной и простой форме выразить только что открытый закон, не усложняя его более развитыми и детализированными отношениями полных и неполных аналогов (их «двойными» отношениями), которые выражает короткая форма таблицы.

Но, не соглашаясь с таким объяснением, автор по сути дела пришел к следующему выводу: Дм. Ив. уже с самого же начала видел «двойные» отношения между элементами, но не хотел ими испугать химиков, так как эти отношения нарушают естественное сходство элементов. Поэтому он отложил опубликование того, что нашел и в чем был сам уверен, до более благоприятного момента, когда химики будут убеждены в верности периодического закона, представленного длинной таблицей, где естественное сходство еще не нарушено.

Таков фактический ход рассуждений профессора Карповича, во всяком случае так его можно понять. Но все это не имеет под собой никаких оснований.

На самом же деле все обстояло совершенно иначе: в феврале 1869 г. Дм. Ив. думал, что будущая короткая таблица нарушает

естественное, или полное, сходство элементов, ибо здесь вклиниваются между полными аналогами, например между  $\text{Cl}$  и  $\text{Br}$ , их неполные аналоги ( $\text{Mn}$ ). Именно потому, что такое вклинивание в глазах самого Дм. Ив. выглядело тогда как разрыв естественной связи между элементами, оно и было им отвергнуто, а тем самым была отвергнута тогда и короткая таблица. Мнимое стремление — обойти короткую таблицу для того, чтобы убедить химиков, что периодический закон не нарушает, а подтверждает естественное сходство элементов, не имеет, как я полагаю, к этому никакого отношения.

Следует добавить, что Дм. Ив. в области научных идей никогда не исходил из «конъюнктурных» или тактических соображений, не писал того, чему он сам не верил, и не говорил того, в чем не был искренне убежден.

Что же касается того, что уже в 1869 г. Дм. Ив. пользовался короткой таблицей элементов, то Э. Карповиц не добавил, что это было в *августе* и *октябре* 1869 г., а не в *феврале* и *марте*, когда писалась первая статья, и не в *мае* 1869 г., когда она печаталась. Поэтому никак нельзя считать, что Дм. Ив. был непоследовательным, когда он в одном и том же году (а у Э. Карповица это звучит так, что как будто это делалось в одно и то же время) пользовался обеими таблицами, т. е. признавал уже и короткую таблицу, но публично рекомендовал пока одну только длинную.

За те месяцы, которые протекли с момента публикации «Опыта системы элементов» (март) и первой статьи «Соотношение свойств с атомным весом элементов» (май), Дм. Ив., начиная с июня 1869 г. и до конца августа того же года, занимался изучением зависимости атомных объемов от атомных весов элементов, а в течение сентября того же года — выяснением зависимости атомности элементов в их высших солеобразующих окислах от тех же атомных весов.

Именно эти исследования, которые он провел после первых публикаций, касавшихся периодического закона, заставили Дм. Ив. отказаться от первоначально казавшейся ему лучшей таблицы, длинной, горизонтального типа, и перейти к короткой таблице, вертикального типа.

В целом гипотеза Э. Карповица представляется крайне искусственной, надуманной; она неубедительна и не только лишена фактического основания, но и противоречит всему, что известно об истории открытия периодического закона, включая свидетельства самого Дм. Ив. Тем не менее работа Э. Карповица интересна тем, что привлекает внимание читателей к более глубокой разработке вопроса о том, как было совершено открытие периодического закона и каков был конкретный ход развития творческой мысли Дм. Ив.

[Д о п. 52]. Значение фактов и гипотез в историческом исследовании  
(К стр. 179)

Изложенные в предыдущих дополнениях высказывания по поводу истории открытия периодического закона дают материал для некоторых выводов общеметодологического характера. Эти выводы касаются того, какую роль в исторических работах должны играть факты и гипотезы.

В любом историческом исследовании, как и во всяком научном исследовании вообще, определенное место занимают факты и их истолкование, которое в начале исследования обычно носит предположительный, гипотетический характер. Ход исследования представляется в общем случае таким: сначала находятся и устанавливаются *факты*, образующие исходную основу для всего исследования; чем больше собрано фактов и чем надежнее они установлены, тем тверже основа всего исследования.

К истории, в том числе и к истории науки, целиком и полностью относятся известные слова Ф. Энгельса: «Мы все согласны с тем, что в любой научной области — как в области природы, так и в области истории — надо исходить из данных нам *фактов*, стало быть... нельзя конструировать связей и вносить их в факты, а надо извлекать их из фактов и, найдя, доказывать их, насколько это возможно, опытным путем»<sup>1</sup>.

Без соблюдения этого требования нет и не может быть научного исследования, а получится пустое философствование в духе старой натурфилософии, с ее произвольными, искусственными конструкциями, с помощью которых делались попытки восполнить отсутствующие звенья естественного или исторического процесса.

Но собирание и установление фактов не есть самоцель, а лишь отправной пункт для дальнейшего движения вперед. Задача исследования не может сводиться к простой фактологии, к описанию фактического материала; это было бы чистым эмпиризмом, но не наукой в строгом смысле слова. Наука включает в себя не только материал, но и его теоретическое освещение, его обобщение и объяснение, а это требует от исследователя применения более глубоких и содержательных приемов научного познания. После собирания фактов задача исследователя состоит теперь в том, чтобы, основываясь на собранных и проверенных фактах, найти связь между ними, раскрыть значение каждого из них, иначе говоря, определить место каждого факта в общем ряду всех изучаемых событий и тем самым объяснить их. Такое объяснение по необходимости вначале носит предположитель-

<sup>1</sup> Ф. Энгельс, Диалектика природы, 1955, стр. 26.

ный характер, так как нельзя еще с полной уверенностью утверждать, что события развивались именно так, как это представляется исследователю, и именно по тем причинам, которые выдвинуты в качестве объяснения найденных фактов. Поэтому возникает задача доказать сделанное предположение, оправдать гипотезу, превратив ее из возможной в вероятную, а затем — в более или менее достоверную, т. е. утвердить ее в науке как некоторую истину, соответствующую действительной истории.

Из сказанного вытекает, что историческое исследование не может обходиться без гипотез, выдвижение которых способствует отысканию действительных причин изучаемых событий. Важнейшее требование, которое предъявляется к такого рода гипотезам, — это, во-первых, быть в согласии со всеми уже известными фактами и, во-вторых, включать в себя только такие предположения, которые содержат возможность проверки. (Если возможность проверки априори исключается, то это будет уже не гипотеза, а пустой домысел.) В соответствии с этим гипотезы должны проверяться на новых фактах, которые могут быть найдены и содействовать их обнаружению в будущем. Итак, познавательная ценность гипотезы и ее оправданность заключаются в ее соответствии с фактами, без чего она лишается научного характера и превращается в беспочвенное фантазирование.

Короче говоря, путь научного исследования, в том числе и в области истории науки, идет от фактов к гипотезам и от гипотез через их проверку к установлению истины.

Таким путем я и старался идти по мере сил и возможностей при изучении материалов Дм. Ив., относящихся к истории открытия периодического закона. Когда были найдены в начале 1949 г. первые рукописные документы Дм. Ив., относящиеся к данному вопросу (см. фотокопии IV и V), эти документы были не только тщательно расшифрованы и всесторонне изучены, но и истолкованы, конечно, предположительно, в ряде работ. Из них представляют интерес в данном случае следующие: комментарии к указанным документам (см. приложение к [6]), примечания к ним (см. [8, 49—58]) и доклад на 2-м Всесоюзном совещании по истории отечественной химии в 1951 г. [10]. Основываясь на высказываниях Дм. Ив. и сопоставляя их с только что обнаруженными, ранее неизвестными материалами, я выдвинул гипотезу о наиболее вероятном, на мой взгляд, пути, по которому протекало открытие периодического закона. Центральный пункт этой гипотезы состоял в том, что Дм. Ив. сопоставил группы несходных элементов по величине их атомного веса, начав это сопоставление с двух полярно-противоположных групп — галогенов (галлоидов) и щелочных металлов. При этом он брал не отдельные представители тех или иных групп, а именно группы в целом, подписывая их одну под дру-



гой в порядке атомных весов сопоставляемых попарно их членов.

Эта гипотеза открывала возможность проследить шаг за шагом весь путь открытия периодического закона, основываясь на тех изменениях, вставках и перестановках, которые делал Дм. Ив. и которые отразились на фотокопии IV и отчасти на фотокопии V

В то время, когда была выдвинута мною эта гипотеза, нельзя было еще с полной уверенностью утверждать, что, несмотря на свою вероятность, она соответствует во всем или хотя бы в основном действительной истории открытия периодического закона. Для ее проверки, т. е. для ее подтверждения или опровержения, необходимо было найти новые материалы, которые бы ее либо оправдывали и уточняли, либо, напротив, доказывали ее несостоятельность, ее противоречие с фактами. На розыск такого рода материалов мы вместе с Т. Н. Ченцовой обратили внимание начиная с 1950 г. Тогда же в Музее-архиве Д. И. Менделеева при Ленинградском университете, а также в других исторических архивах Ленинграда и Москвы были обнаружены двоякого рода материалы: во-первых, относящиеся к последующему времени, когда Дм. Ив. обрабатывал и развивал дальше сделанное им 17 февраля открытие; эти материалы вошли главным образом в том I «Научного архива» Дм. Ив. [8]; во-вторых, относящиеся к более раннему времени, непосредственно предшествующему открытию периодического закона, т. е. к 1868 г. и началу 1869 г. и особенно — к началу дня 17 февраля 1869 г., когда Дм. Ив. уже приступил к своему открытию; эти материалы публикуются впервые в данной книге.

Найденные материалы обоего рода, особенно последние, подтвердили, как мне кажется, выдвинутую ранее гипотезу: оказалось, что Дм. Ив. действительно начал с того, что сопоставил сначала две группы несходных элементов по величине их атомного веса (см. фотокопию II), затем — большее число групп (см. обе неполные таблички на фотокопии III) и, наконец, — все группы (см. фотокопию IV). Таким образом, вывод, который предположительно был сделан на основании фотокопии IV, был проверен на вновь обнаруженных материалах и подкреплён ими.

С другой стороны, материалы, относящиеся к концу февраля 1869 г., когда Дм. Ив. обрабатывал свое открытие для печати, свидетельствовали о том, что общий ряд всех элементов, расположенных в порядке величин их атомных весов, мог быть составлен лишь *после* открытия периодического закона, возможно тогда, когда Дм. Ив. искал формулировку для этого закона. Во всяком случае единственная запись, найденная среди бумаг Дм. Ив., свидетельствующая о составлении такого общего ряда,



относится к концу февраля 1869 г. (см. фотокопию IX). Позднее (примерно в июне того же года) Дм. Ив. составил аналогичный ряд для элементов с атомными объемами [8, 84—85].

Таков вкратце был путь проведенного мною исследования найденных документов Дм. Ив., включая их истолкование. Но я не считаю полученные мною результаты окончательными и хочу лишь подчеркнуть значение вновь найденных архивных материалов.

Замечу, кстати, что мне было бы весьма интересно встретиться с таким оппонентом, который подверг бы критике выдвинутые мною объяснения и гипотезы, касающиеся истории открытия периодического закона, но при этом опирался бы на всю совокупность известных фактов, а не на один какой-либо случайно вырванный документ или одно отдельное высказывание.

В связи с этим я считаю для себя важной попытку К. Г. Хомякова и Э. Карповица подвергнуть критическому разбору ряд положений, выдвинутых в моих работах по данному вопросу, и дать иное объяснение анализируемых документов. Известно, что в спорах рождается истина.

Однако гипотезы, выдвинутые названными авторами в противовес моей, причем выдвинутые уже после того, как были обнаружены и опубликованы новые менделеевские рукописи и таблицы, оказались, как мне кажется, несостоятельными, по крайней мере в том их виде, в каком они были обнародованы. Основной их недостаток состоит в том, что они не согласуются с известными фактами. Между тем совершенно очевидно и бесспорно, что требование находиться в согласии с фактами является обязательным для гипотез во всех отраслях знания, в том числе и для истории химии.

Например, очень странно было бы слышать от какого-нибудь химика объяснение того или иного химического процесса, если бы оно не было подтверждено данными эксперимента, не было обосновано фактами. Такое объяснение было бы сразу поставлено под сомнение, а его автор подвергся бы справедливой критике за склонность к спекуляциям.

Но к истории химии сложилось почему-то иное отношение, и считается допустимым всякого рода спекулятивное натурфилософствование. Здесь всерьез выдвигаются и подхватываются ничем не подтвержденные и не проверенные домыслы, авторы которых не дают себе труда обосновать хотя бы какими-нибудь фактическими данными свои предположения. Все это не имеет ничего общего с подлинной наукой, основа которой была, есть и будет — не спекуляции, не домыслы, а факты, факты и факты.

В связи с этим напомним слова Дм. Ив., сказанные им по другому поводу:

«В республике науки все «бароны», и свободе фантазии не полагается иных пределов, кроме размера журнальных статей да еще чего-то такого, по которому есть сюжеты..., недопускаемые в летописи (анналы) наук...» [2,438]. Конечно, никому не возвращается фантазировать и гадать на тему о том: «А не шел ли или — не мог бы пойти Дм. Ив., скажем, таким-то путем?»

С точки зрения абстрактной возможности можно, конечно, допустить, что Дм. Ив. *мог бы* пойти и тем путем, который представляется К. Г. Хомякову и некоторым другим авторам. Ничего априори невозможного в этом, конечно, нет.

Но исследователя, в том числе историка химии, интересует в первую очередь не абстрактная возможность, а реальная действительность, т. е. не то, каким путем Дм. Ив. *мог бы* пойти, а то, каким он *шел* на самом деле. В выяснении этого и заключается в первую очередь задача историка науки.

А для того, чтобы выяснить действительный путь открытия, необходимо обратиться к *фактам*, следовательно, к имеющимся в нашем распоряжении архивным документам — всякого рода черновым заметкам и таблицам.

Но этого почему-то не сделали К. Г. Хомяков, Э. Карповиц и другие авторы. Между тем они имели в своем распоряжении не только фотокопии IV и V [6], но, кроме того, те материалы, которые, в частности, представлены в данной книге фотокопиями VI, VII, VIII, IX, X, Ха и XII [8].

Более того, К. Г. Хомяков, А. Л. Колесников и Н. П. Агафшин выступили со своими гипотезами уже после того, как в феврале 1953 г. мною было сделано сообщение на широком совещании химиков и историков химии о найденных в ленинградских архивах новых менделеевских материалах, касающихся данного вопроса. Мои оппоненты и критики вполне могли бы, не дожидаясь публикации названных документов, ознакомиться с ними лично в ленинградских архивах перед тем, как выступать публично в печати со своими гипотезами. Но этого, к сожалению, ими не было сделано.

Еще раньше, в декабре 1952 г., на заседании методологического семинара Химического факультета МГУ, на котором предварительно обсуждалась упомянутая выше статья К. Г. Хомякова, мною было сообщено о найденных новых документах, опровергающих гипотезу, защищаемую в этой статье. К сожалению, ее автор оставил мое сообщение без внимания.

На том же заседании один из участников методологического семинара заявил, что так как версия о раскладывании всех элементов в единый ряд показывает оригинальность пути Дм. Ив., в отличие от его предшественников (Л. Мейера и других), то не следует от нее отказываться; иначе-де будет смазываться отличие творчества Дм. Ив. от творчества зарубежных

ученых. Такой взгляд не имеет ничего общего ни с исторической наукой, ни с материализмом, а представляет субъективистский подход к вопросу. Задача исторической науки, в том числе и истории химии, состоит не в том, чтобы отстаивать установившиеся схемы и концепции, какими бы хорошими соображениями это ни было вызвано, а в том, чтобы показывать действительную историю такой, какой она была без всяких прикрас, без всякого ее подправления. Если вновь найденные факты опровергают ранее принятую схему, то историк не имеет права сохранять ее из тех соображений, что благодаря ей удастся лучше и проще изложить данный вопрос. Критерием здесь, как и вообще в науке, служит соответствие концепций самой действительности, т. е. их объективная верность. Принимать желаемое за действительное, а тем более отвергать действительное на том основании, что оно не согласуется с желаемым, — значит жертвовать наукой ради субъективных целей и желаний. В связи с этим в своем выступлении на упомянутом заседании я подверг критике изложенную точку зрения, как несостоятельную.

Итак, в настоящее время нельзя выдвигать какие-либо новые гипотезы, касающиеся истории открытия периодического закона, или отстаивать старые, игнорируя найденные архивные материалы. Только те гипотезы могут способствовать развитию научных знаний, которые дают непротиворечивое толкование этих материалов.

#### [Д о п. 53]. Датирование материалов на основании изменения символики элементов

(К стр. 182)

Не вдаваясь в подробности, отметим лишь одно обстоятельство, которое позволяет устанавливать хронологическую последовательность в написании Дм. Ив. различных таблиц элементов. Речь идет о символике элементов (см. табл. 50).

В этой таблице символы, зачеркнутые Дм. Ив., взяты в квадратные скобки, а символы, которые больше не изменялись, набраны жирным шрифтом.

Например, до последних записей в полной черновой таблице элементов Дм. Ив. писал ниобий иногда как  $Ni$  (см. фотокопии I и XII до исправления), а иногда и как  $Nb$  и как  $Ni$  одновременно (см. зачеркнутое на фотокопии IV). После внесения  $Nb$  окончательно в таблицу элементов его символ у Дм. Ив. больше не меняется; поэтому в графе IV символ  $Nb$  отмечен жирным шрифтом. В соответствии с этим Дм. Ив. исправляет в плане «Основ химии»  $Ni$  на  $Nb$  (см. на фотокопии XII исправления, которые в табл. 50 отмечены как «позднейшая часть».

|                    | Фотокопии |                                     |              |          |    |                            |     |                      |                            |                                 |
|--------------------|-----------|-------------------------------------|--------------|----------|----|----------------------------|-----|----------------------|----------------------------|---------------------------------|
|                    | I         | XII (перво-<br>начальные<br>записи) | III          | IV       | V  | VI                         | VII | XI                   | VIII                       | XII (позд-<br>нейшие<br>записи) |
| Ниобий . . . . .   | Ni        | Ni                                  |              | [NbNi]Nb | Nb | Nb                         | Nb  | Nb                   | Nb                         | [Ni]Nb                          |
| Вольфрам . . . . . | Volfr     | W                                   |              | [Wo]Wolf | W  | W                          | W   | W                    | W                          | —                               |
| Бор . . . . .      | Bo        | B                                   | B            | [Bo]B    | B  | B                          | B   | B                    | B                          | —                               |
| Ванадий . . . . .  | Wan       | V                                   | V            | V        | V  | V                          | V   | V                    | V                          | —                               |
| Родий . . . . .    | —         | R                                   | —            | Ro       | Ro | Ro                         | Ro  | Rh                   | Rh                         | —                               |
| Рутений . . . . .  | —         | Ru                                  | —            | [RhRu]Rh | Rh | <b>Ru</b>                  | Ru  | Ru                   | Ru                         | —                               |
| Даты               | 1868      | I. 1869                             | 17. II. 1869 |          |    | между<br>17 и 28. II. 1869 |     | до<br>1. III<br>1869 | после<br>1. III. 1869. (?) |                                 |

Таблица 50

Последовательность изменений в символике некоторых элементов с середины 1868 г. по март 1869 г..  
 В квадратные скобки поставлено зачеркнутое; жирным шрифтом набрано то, что больше не менялось.

Вольфрам пишется то как Volfr, то как Wo или Wolf (фотокопии I и IV), то как W (фотокопия XII). Лишь начиная с «Опыта системы элементов» (фотокопия V) он пишется только как W.

После 17 февраля бор получает окончательное обозначение через В, а еще раньше ванадий — через V.

Остаются еще неисправленными обозначения рутения, который окончательно обозначается через Ru, начиная с фотокопии VI, и особенно родия. Исправление символа родия с Ro на Rh делается впервые в корректуре листка с «Опытом системы элементов» в конце февраля 1869 г. На этом основании можно предположить, что все таблицы, где родий обозначается через R или Ro, написаны до конца февраля 1869 г. (т. е. до правки в корректуре названного листка), а все таблицы, где родий обозначается через Rh, — позднее [8, 39 и 43].

Мы назвали только один из возможных способов определения дат и хронологической последовательности записей, сделанных Дм. Ив. Можно воспользоваться и другими аналогичными же способами.

[Д о п. 54]. Установление последовательности пяти  
основных документов  
(К стр. 183)

Каким способом можно проверить, что именно в указанной последовательности были написаны Дм. Ив. названные выше документы, одна часть которых помечена датой 17 февраля 1869 г., а другая их часть не датирована вовсе (фотокопии IIIa и IV)?

Путем сравнения легко можно убедиться в том, что таблица, изображенная на фотокопии V, по времени ее составления непосредственно следует за черновой таблицей, изображенной на фотокопии IV, так как беловая таблица есть по сути дела та же черновая таблица в ее окончательном виде, но лишь переписанная набело в обратном порядке.

Легко также установить, как мне кажется, что записи на письме Ходнева (фотокопия II) и обе неполные таблички (фотокопия III) предшествуют по времени их составления обоим полным таблицам (фотокопии IV и V). При этом логично заключить, что записи на письме Ходнева были сделаны *по времени раньше*, чем обе неполные таблички, ибо *после* их составления была бы неразумна и ничем необъяснима попытка сопоставить две группы металлов следующим образом:

|          |           |           |           |
|----------|-----------|-----------|-----------|
| Na = 23  | K = 39    | Rb = 85   | Cs = 133  |
| 2Li = 14 | Mg = 24   | Zn = 65   | Cd = 112  |
| <u>9</u> | <u>15</u> | <u>20</u> | <u>21</u> |

Ведь уже в верхней табличке (см. фотокопию III) вначале обе группы были сопоставлены гораздо более естественным образом:

|        |          |               |           |
|--------|----------|---------------|-----------|
|        | Mg = 24  | Zn = 65       | Cd = 112  |
| Li = 7 | Na = 23  | K = 39        | Rb = 85   |
|        | <u>1</u> | <u>27 {6}</u> | <u>27</u> |

Затем между ними вклинилась группа:

|       |   |         |           |
|-------|---|---------|-----------|
| H = 1 | — | Cu = 63 | Ag = 108; |
|-------|---|---------|-----------|

она разъединила собою обе ранее сближенные вплотную группы.

После этого в нижней табличке группа Na оторвалась вообще от группы Zn и Cd, причем с тех пор обе группы так и остались разъединенными, поместясь на противоположных краях формирующейся системы элементов (см. фотокопии IV и V).

Итак, в ходе подготовки и составления полной таблицы элементов вначале сближенные группы (группа Na и группа Mg, Zn) постепенно отдалялись друг от друга. Но если это так, то наименее естественное сближение обеих групп, изображенное на фотокопии II, могло быть сделано только *до того*, как обе группы стали размещаться более естественным образом в таблице.

В еще большей степени это относится к записям, сделанным в верхней части оборотной страницы письма Ходнева: делать их после составления обеих неполных табличек, а тем более — обеих полных таблиц не имело бы никакого смысла. Это означало бы, что Дм. Ив. в ходе своей работы над периодической системой не приближался, а отдалялся от своего открытия, что, разумеется, было бы с логической точки зрения вопиющей нелепостью.

В связи с этим можно сделать следующий вывод: заметки на письме Ходнева не могли быть составлены ранее 17 февраля 1869 г., поскольку само письмо датировано этим числом; но они не могли быть сделаны и позднее, так как по своему содержанию они предшествуют остальным записям Дм. Ив., имеющим ту же дату (фотокопии III и V). Значит, остается допустить, что они были сделаны в тот же день, каким Ходнев пометил свое письмо, причем до того, как были составлены остальные документы того же дня — две неполные таблички и две полные таблицы элементов.

[Д о п. 55]. Типовая последовательность в изменении  
атомных весов  
(К стр. 183)

Допустим, что для какого-нибудь элемента R значение атомного веса на двух документах указано в грубом приближении равным A, а на других трех документах указано более точно

равным В. Естественно было бы в данном случае предположить следующее:

1) что в ходе своего открытия Дм. Ив. только один раз изменил значение атомного веса у элемента R;

2) что изменение состояло в уточнении этого значения, а не в его округлении.

В самом деле: для первоначальных, сугубоориентировочных, пробных набросков Дм. Ив. мог ограничиться самыми грубыми величинами атомных весов, ибо прежде всего надо было установить *порядок* разностей атомных весов у членов двух сближенных групп, т. е. определить, имеются ли здесь разности порядка единиц или десятков. Когда же это было выяснено, встала необходимость произвести более точные подсчеты, а потому потребовалось заменить первоначально принятые грубые величины атомных весов более точными их значениями.

Бряд ли есть основание предполагать, что изменение атомного веса у одного и того же элемента Дм. Ив. делал в ходе открытия дважды или трижды — с точного на неточный, затем снова на точный и снова на неточный и, наконец, уже окончательно на точный.

Поэтому самой простой и естественной из всех возможных комбинаций, например, из пяти значений — двух А и трех В была бы следующая их последовательность:

А; А; В; В; В.

Назовем этот случай типом I. Его частным случаем будет более сокращенный ряд:

А; В; В; В.

Назовем этот случай типом Ia (см. табл. 51).

Рассмотрим теперь более сложный случай.

У элемента R на одном документе указано значение атомного веса А; на другом документе — тоже А и одновременно более точное значение В. Это мы обозначаем в виде дроби А/В. На третьем — В и еще более точное С, которое осталось за этим элементом окончательно в четвертом документе. Обозначаем это как В/С. В таком случае последовательность изменения атомного веса была бы следующей:

А; А/В; В/С; С.

Назовем этот случай типом II.

Частными случаями типа II являются такие, когда приведенный выше последовательный ряд сокращается на одно или на несколько звеньев. Например:

|              |            |
|--------------|------------|
| А; В/С; С    | (тип IIa); |
| А; А/В В     | (тип IIb); |
| А; А; В/С; С | (тип IIc). |



| 1. Нормальная последовательность |                  | 2. Зигзагообразная последовательность |                |
|----------------------------------|------------------|---------------------------------------|----------------|
| Тип:                             | Формула типа:    | Тип:                                  | Формула типа   |
| Основной                         |                  | Основной                              |                |
| I                                | A; A; B; B; B    | III                                   | A; A; B; A; A  |
| Сокращенный                      |                  | Сокращенные                           |                |
| Ia                               | A; ... B; B; B   | IIIa                                  | A; A; B/A; A   |
| Основной                         |                  |                                       | A; ... B/A; A  |
| II                               | A; A/B; B/C; C   | IIIb                                  | ... A/B; ... A |
| Сокращенные                      |                  | Усложненный                           |                |
| IIa                              | A; ... B/C; C    | IIIc                                  | A; A/B/C; B    |
| IIb                              | A; A/B; B; ...   | Основной                              |                |
| IIc                              | A; A; ... B/C; C | IV                                    | B; B/A; A/B; B |
|                                  |                  | Сокращенный                           |                |
|                                  |                  | IVa                                   | B; ... A/B; B  |

Таблица 51

Типовая последовательность в изменениях величин атомных весов от грубого их значения (A) до более (B) и еще более (C) точного.

Дробь указывает, что в данном случае записывалось в последовательном порядке несколько значений атомных весов, в процессе их исправления или округления; точки указывают на отсутствие соответствующего звена.

Все рассмотренные только что случаи являются примерами *нормального* развития творческой мысли.

Но не исключены, конечно, и зигзаги мысли, как случайные, так и связанные с поисками более правильного решения вопроса, касающегося данного элемента. При этом возможна и такая зигзагообразная последовательность, когда небольшое уточнение атомного веса (B) отбрасывается затем в ходе дальнейшей работы над таблицей, как ненужное, в итоге чего Дм. Ив. возвращается к исходному округленному его значению; в итоге получается ряд:

A; A; B; A; A (тип III);

его частными (сокращенными) случаями можно считать ряды:

A; A; B/A; или A; B/A; A (тип IIIa);

A/B; A (тип IIIb);

более сложным его случаем будет, например:

A; A/B/C; B (тип IIIc).

Наконец, возможны и такие случаи, когда от более точного значения атомного веса Дм. Ив. переходил к округленному его

значению, а затем возвращался к первоначальному. В итоге составляется ряд:

В; В/А; А/В; В (тип IV);

его сокращенным видоизменением будет:

В; А/В; В (тип IVa).

Во всех таких случаях налицо должно быть определенное основание в пользу того, почему Дм. Ив. в ходе своего открытия прибег к тому или иному отступлению от более точного значения атомного веса к менее точному или почему он вернулся потом к менее точному и принял его окончательно.

Весь этот прием рассуждения, касающийся доказательства наличия определенной последовательности в записях атомных весов, построен на том принципе, что сходные записи стоят в непосредственной близости между собой и следуют одна за другой, как бы «цепляясь» друг за друга.

Поэтому и документы, содержащие запись А, должны как бы «цепляться» один за другой, равно как и другие, содержащие запись В или запись С. В таком случае наиболее вероятным будет та последовательность документов по времени их составления, при которой указанный принцип будет выдержан для максимального числа элементов, атомные веса которых Дм. Ив. уточнял и изменял в ходе своего открытия; очевидно, число отступлений от этого принципа в таком случае должно быть минимальным и каждое такое отступление должно иметь свое объяснение.

**[Д о п. 56]. Датирование материалов на основании изменения атомных весов**  
(К стр. 183)

Прием, рассмотренный в предыдущем дополнении, позволяет установить даты и последовательность составления пяти основных документов, относящихся к 17 февраля 1869 г., из которых два документа (список атомных весов и полная черновая таблица) не имеют вообще никакой даты. С этой целью в соответствии с табл. 51 составлена более конкретная таблица, охватывающая данные для 18 известных элементов и одного неизвестного (см. табл. 52). В ней представлено наиболее вероятное распределение во времени пяти документов, написанных Дм. Ив. 17 февраля 1869 г.

Значения атомных весов, которые «цепляются» друг за друга, обведены черными сплошными рамками. Значения атомных весов, которые «вклинились» между сохраняющимися неизменными их значениями, обведены двойными рамками. Вверху в

|       | Фото II    |            | Фото III |      | Фото IIIa |      |      | Фото IV |      |      |      | Фото V     |      | Типы |
|-------|------------|------------|----------|------|-----------|------|------|---------|------|------|------|------------|------|------|
|       | (1)        | (2)        | (3)      | (3a) | (4a)      | (4)  | (4b) | (4c)    | (4d) | (4e) | (4f) | (5)        | (5a) |      |
| Zn    | 65         | 65         | 65,2     |      |           | 65,2 |      |         |      |      |      | 65,2       |      | I    |
| Rb    | 85         | 85         | 85,4     |      |           | 85,4 |      |         |      |      |      | 85,4       |      | I    |
| Se    |            | 79         | 79,4     |      |           | 79,4 |      |         |      |      |      | 79,4       |      | Ia   |
| Cu    |            | 63         | 63,4     |      |           | 63,4 |      |         |      |      |      | 63,4       |      | Ia   |
| Al    |            | 27         | 27,4     |      |           | 27,4 |      |         |      |      |      | 27,4       |      | Ia   |
| <hr/> |            |            |          |      |           |      |      |         |      |      |      |            |      |      |
| Zr    |            | 89         | 89,6     |      |           | 89,6 |      |         |      |      |      | 90         |      | IIa  |
| U     |            |            | 120?     |      |           | 120  |      |         |      |      |      | 116?       |      | IIb  |
| W     |            |            | 184      |      |           | 184  |      |         |      |      |      | 186        |      | IIb  |
| Cr    |            |            | 52,2     |      |           | 52,2 |      |         |      |      |      | 52         |      | IIb  |
| Ni    |            |            | 58,8     |      |           | 58,8 |      |         |      |      |      | 59         |      | IIb  |
| Co    |            |            | 58,8     |      |           | 58,8 |      |         |      |      |      | 59         |      | IIc  |
| x     |            |            |          |      |           |      |      |         |      |      |      | 70         |      | IIb  |
| In    |            | 36         | 36       |      |           | 72   | 72   |         |      |      |      | 75,6       |      | II   |
| Ca    |            | 40         | 40       |      |           | 20?  | 20?  |         |      |      |      | 40         |      | IV   |
| Sr    |            | 87         | 87?      |      |           | 44?  | 44?  |         |      |      |      | 87,6       |      | Ic   |
| Ba    |            | 137        | 137      |      |           | 68?  | 68?  |         |      |      |      | 137        |      | IIIa |
| Pb    |            |            | 207      |      |           | 103? | 103? |         |      |      |      | 207        |      | IIIa |
| Be    |            | ?          | 9,3?     |      |           | 14   | 14   |         |      |      |      | 9,4        |      | IVa  |
| K     | 39         | 39         | 39,1     |      |           | 39   | 39   |         |      |      |      | 39         |      | III  |
| <hr/> |            |            |          |      |           |      |      |         |      |      |      |            |      |      |
| Дата  | 17.II.1869 | 17.II.1869 | —        | —    | —         | —    | —    | —       | —    | —    | —    | 17.II.1869 | —    |      |

Таблица 52.

Сопоставление записей атомных весов, сделанных в течение 17 февраля 1869 г.

В рамки заключены значения атомных весов, остающиеся без изменения в следовавших друг за другом таблицах и списках; то же — для формул окислов; в двойные рамки заключены значения атомных весов, оказавшиеся в промежуток между окончательными их значениями, что обуславливает зигзагообразную последовательность в их изменении; жирным шрифтом набраны измененные значения атомных весов по сравнению с предыдущими, курсивом — случайно получившиеся.

скобках стоят порядковые числа, показывающие последовательность составления документов во времени и сделанных в них записей. Внизу указаны даты, стоящие на некоторых документах.

В табл. 52 прежде всего бросается в глаза то обстоятельство, что составление списка атомных весов (табл. 21) явилось вместе с тем переходом от более грубых атомных весов (А), которые фигурировали в заметках на письме Ходнева и в обеих неполных табличках (фотокопии II и III), к более точным атомным весам (В), которые фигурировали в обеих полных таблицах (фотокопии IV и V).

Следовательно, здесь имеет место тип I (для Zп и Rb) и тип Ia (для Se, Cu и Al).

В случае Al и Zn, кроме совпадения уточненных значений атомного веса (В), фотокопию IIIa (табл. 21) с фотокопией IV связывает наличие записи, указывающей на состав окислов этих металлов, следовательно, на способ определения величины их атомных весов. Это обстоятельство служит дополнительным подтверждением того, что составление списка атомных весов (табл. 21) непосредственно примыкает по времени к написанию полной черновой таблицы элементов (фотокопия IV).

Таким образом, сравнение данных для перечисленных шести элементов позволяет заключить:

1) что фотокопии II и III должны быть сближены между собой и поставлены по времени их составления перед фотокопиями IIIa, IV и V;

2) что фотокопии IIIa и IV должны быть сближены между собой.

Атомные веса для шести других элементов (Zr, Uг, W, Cr, Ni и Co), изменявшиеся в четырех случаях по типу IIa, а в двух случаях по типу IIa и IIIc, свидетельствуют о том, что фотокопии IIIa и IV должны быть сближены между собой и поставлены перед фотокопией V. В пользу этого говорит то обстоятельство, что на полной черновой таблице (фотокопия IV) сначала *повторено* то же значение атомного веса, что и в списке атомных весов (фотокопия IIIa), а затем оно изменено в этой же черновой таблице (фотокопия IV) и как окончательное включено в «Опыт системы элементов» (фотокопия V).

Таким образом, в пяти случаях имеются прямые доказательства того, что список атомных весов не мог быть составлен *после* полной черновой таблицы элементов; в пяти других случаях имеются такие же прямые доказательства, что он не мог быть составлен *ранее* обеих неполных табличек (фотокопия III); и в одном случае (Zr) одновременно подтверждается и то и другое.

Поэтому на основании рассмотрения первых 11 элементов в табл. 52 можно прийти к единственному выводу, что список атомных весов Дм. Ив. составил *после* окончания нижней неполной таблички (фотокопия III) и *перед* началом составления полной черновой таблицы (фотокопия IV).

Изменение атомного веса у Co с 59 на 60 и у неизвестного элемента  $x$  с 70 на 72 (фотокопия IV) с последующим возвратом к исходному Co=59 и к предполагаемому элементу  $?=70$  (фотокопия V) обусловлено уточнением места для Co и для  $x$  в системе; это не может ни в какой мере служить доводом против того, что беловая таблица (фотокопия V) следует по времени за черновой (фотокопия IV).

Сделанный выше вывод подтверждается данными, которые касаются пяти элементов, следующих в табл. 52 за предыдущими. Наиболее сильным подтверждением служат данные атомных весов In (тип II) и Ca (тип IV), а затем Sr (тип IIc) и Ba (тип IIIa).

Все четыре элемента показывают, что список атомных весов (табл. 21) непосредственно примыкает к неполным табличкам (фотокопия III), а первые два элемента, кроме того, показывают, что, с другой стороны, этот же список непосредственно примыкает к полной черновой таблице (фотокопия IV).

Значит, можно заключить, что названный список по времени его составления оказывается *между* обеими неполными табличками, с одной стороны, и обеими полными таблицами — с другой; иначе говоря, он оказывается между фотокопиями III и IV, как это и указано в табл. 25.

Для Ca, а также, по-видимому, и для Sr при составлении списка атомных весов (фотокопия IIIa, табл. 21) Дм. Ив. отметил возможность принятия не только истинных атомных весов, но также и их эквивалентных весов; хотя Дм. Ив. и допускал такую возможность, но все же считал ее сомнительной, в связи с чем он поставил знак вопроса у Ca 20?

В начале составления полной черновой таблицы (фотокопия IV) Дм. Ив. распространил предположительно эту возможность на всю группу щелочноземельных металлов, куда он включил и Pb.

Но после неудачи их помещения ниже группы Mg и Zn он вернулся к исходным атомным весам (у Ca, Ba и Pb), а в случае Sr перешел к уточненному значению 87,6 вместо исходного 87.

Таким образом, в 17 случаях из 19 данные изменений атомных весов прямо подтверждают, причем с различных сторон и в нескольких местах одновременно, принятое нами и отраженное в табл. 52 хронологическое расположение пяти документов Дм. Ив. в последовательном порядке:

1) заметки на письме Ходнева (фотокопия II);

- 2) неполные таблички (фотокопия III);
- 3) список уточненных атомных весов (фотокопия IIIa);
- 4) полная черновая таблица (фотокопия IV);
- 5) автограф «Опыта системы элементов» (фотокопия V).

Оставшиеся еще не рассмотренными два элемента в табл. 52 — Ве и К — несколько выпадают из этого последовательного порядка.

У Ве (тип IVa) сначала принято более точное значение атомного веса, правда, под знаком вопроса (9,3?). Затем оно изменяется, на первый взгляд совершенно неоправданным образом, на ошибочное (14) с тем, чтобы после этого вновь измениться на более точное (9,4).

Объяснение этой аномалии в ходе открытия периодического закона можно дать следующее: когда Дм. Ив. составлял список уточненных атомных весов, он удвоил эквивалентные веса, которые были приведены для некоторых элементов в старом списке атомных весов (табл. 1). Так, например, он записал  $\text{Cd}=112$  (вместо 56),  $\text{Ir}=198$  (вместо 99),  $\text{Mo}=96$  (вместо 48),  $\text{Os}=199$  (вместо 99,6),  $\text{Pd}=106,6$  (вместо 53,3),  $\text{Rh}=\text{Ru}=104,4$  (вместо 52,2),  $\text{Ug}=120$  (вместо 60),  $\text{Wo}=184$  (вместо 92).

Вероятно, чисто автоматически был удвоен и эквивалентный вес Ве (4,7), что дало 9,3?, вместо 14,1, что должно было бы получиться при его утроении.

Но среди всех элементов, для которых в табл. 1 были приведены эквивалентные веса вместо истинных, Ве был единственным, для которого Дм. Ив. принимал состав окисла  $\text{Ве}_2\text{О}_3$ , а не ВеО. Поэтому первоначальное удвоение (а не утроение) эквивалента вполне объяснимо, поскольку пересчет атомных весов с эквивалентов на истинные мог быть сделан подряд путем умножения всех эквивалентов на множитель 2.

При перенесении же на карточки данных для отдельных элементов Дм. Ив. вскоре же обнаружил, что для Ве следовало принять не 9,3?, а 14 (поскольку Ве относился, по первоначальным представлениям, к группе Al).

Но уже позднее, исходя из совершенно других соображений, а именно из учета нового места Ве в ряду Mg и Zn, Дм. Ив. изменил форму окиси Ве с  $\text{Ве}_2\text{О}_3$  на ВеО, в связи с чем атомный вес Ве уменьшился с 14 до 9,4 (т. е. до величины удвоенного эквивалента  $\text{Ве}=2 \times 4,7$ ).

Следовательно, здесь не было простого возврата к числу 9,3?, принятому для Ве в новом списке атомных весов (табл. 21), а было налицо доказательство на основании уже открытого периодического закона необходимости изменить форму окиси Ве и соответственно его атомный вес.

Вот почему, хотя записи для Ве говорят как будто в пользу того, чтобы поставить список атомных весов (фотокопия IIIa)

не перед черновой таблицей (фотокопия IV), а после нее, однако это противоречие принятому последовательному расположению документов отпадает, поскольку между записью  $Be=9,3?$  в новом списке и позднейшей записью  $Be=9,4$  нет никакой связи. Тем более, что *после* перенесения  $Be$  в группу  $Mg$  и  $Zn$  и после изменения его атомного веса с 14 на 9,4 Дм. Ив. уже не сомневался в правильности произведенных изменений, а потому не мог *после* этого записать *под вопросом*:  $Be=9,3?$

Что же касается  $K$  (тип III), то уточнение его атомного веса (39,1 вместо первоначального 39), очевидно, могло показаться слишком незначительным, а потому не стоящим внимания. Не случайно, что в главах 1 и 2 части 2 «Основ химии» Дм. Ив. приводит для  $K$  атомный вес 39, а не 39,1.

Таким образом, анализ изменений атомных весов в целом дает основание заключить, что последовательность пяти документов, написанных Дм. Ив. в течение 17 февраля 1869 г., была такой, какой она представлена в табл. 52.

### [Д о п. 57]. Возможность обнаружения новых материалов

(К стр. 184)

Можно предполагать, что в данный момент найдена и изучена большая часть сохранившихся после смерти Дм. Ив. архивных материалов, относящихся к открытию периодического закона.

Летом 1952 г. в соответствии с постановлением Совета Министров СССР была создана Комиссия по разработке научного наследия и изданию трудов Д. И. Менделеева. Еще раньше развернул свою научно-исследовательскую работу Музей-архив Д. И. Менделеева при Ленинградском университете.

После этого были тщательно просмотрены и изучены все архивные фонды, хранящиеся в названном Музее-архиве, в Центральных исторических архивах в Ленинграде и Москве, в Государственном историческом архиве Ленинградской области и в других архивах.

Мне представляется теперь, что все, по крайней мере все самое главное, что сохранилось из материалов, относящихся ко времени открытия Дм. Ив. периодического закона, обнаружено, взято на учет и систематизировано и что мало вероятно нахождение каких-либо новых документов, которые могли бы существенно изменить выясненную картину протекания этого открытия.

Заметки Дм. Ив. автобиографического характера, касающиеся этого открытия, изучены и опубликованы [6], [7], [8].



Конечно, можно ожидать, что кое-что новое обнаружится при изучении архивов других ученых, с которыми Дм. Ив. вел переписку или беседовал устно по поводу своего открытия. Поэтому следовало бы всячески приветствовать изучение личных архивов (если таковые сохранились) А. А. Иностранцева, А. И. Ходнева, Н. А. Меншуткина, Н. В. Верещагина и других лиц с целью обнаружения новых документов, относящихся к истории открытия периодического закона и к обстановке, в которой оно протекало. Несомненный интерес представляло бы также обнаружение рукописных оригиналов и корректорских экземпляров статьи «Соотношение свойств с атомным весом элементов» и 2-й части «Основ химии», равно как корректурного листка с «Опытом системы элементов». К сожалению, предпринятые в этом направлении поиски не дали пока желаемых результатов.

Одно время возникла надежда на обнаружение новых, причем исключительно многообещающих, материалов, касающихся данного вопроса. Речь идет о редакционном послесловии В. Я. Курбатова ко второму тому Избранных сочинений Дм. Ив., изданному в 1934 г. и содержащему работы Дм. Ив., относящиеся к периодическому закону.

В. Я. Курбатов пишет, что в указанном томе «не помещена лишь одна статья *«Comment j'ai trouvé la loi périodique»*<sup>1</sup> как более биографического характера» [2, 519]. Ссылки на то, где эта статья опубликована, В. Я. Курбатов не дал.

Эта статья, естественно, представляла бы огромный интерес, поскольку, судя по ее названию, можно было ожидать, что она даст, наконец, достаточно подробный ответ на интересующий всех химиков вопрос о том, как Дм. Ив. открыл периодический закон, причем этот ответ был бы получен непосредственно от него самого.

Ссылка на то, что эта статья была исключена В. Я. Курбатовым, как якобы более биографического характера, казалась совершенно не обоснованной. Если бы такая статья существовала, то именно по причине ее биографического характера ее надо было бы обязательно включить в сборник работ Дм. Ив. по периодическому закону.

В результате поисков этой статьи было обнаружено, что во французском журнале по чистой и прикладной химии за 1899 г. была действительно напечатана статья Д. И. Менделеева под интригующим названием *«Comment j'ai trouvé le système périodique des éléments»* («Как я нашел периодическую систему элементов») <sup>2</sup>.

<sup>1</sup> «Как я нашел периодический закон» (франц.).

<sup>2</sup> «Revue générale de chimie pure et appliquée», Paris 1899, t. 1, p. 211, 510.

В примечании к этой статье редакция журнала сообщает, что она обратилась к Дм. Ив. по случаю состоявшегося избрания его в 1899 г. иностранным членом-корреспондентом Парижской Академии наук с просьбой написать для журнала о своей периодической системе. Дм. Ив. исполнил эту просьбу с большой охотой и прислал во французский журнал свою работу, написанную по-русски. Перевод этой работы на французский язык был осуществлен самой редакцией.

Ближайшее ознакомление с текстом этой опубликованной на французском языке статьи Дм. Ив. показывает, что это — не какая-то новая работа Дм. Ив., а точный перевод его статьи «Периодическая законность химических элементов», которую Дм. Ив. написал незадолго перед тем, как к нему обратилась редакция французского журнала. Эту последнюю статью Дм. Ив. написал для Энциклопедического словаря Брокгауза и Ефрона, и она была напечатана в XXIII томе этого словаря в 1898 г.

Очевидно, переводчик или редакция французского журнала для придания статье большего интереса изменила показавшееся слишком сухим название: «Периодическая законность химических элементов» на интригующее: «Как я нашел периодическую систему элементов».

В остальном же все осталось без изменения, и ничего «биографического» к своей статье Дм. Ив. не добавил.

Эта статья не отсутствует в томе II Избранных сочинений Д. И. Менделеева, как сообщает в своем послесловии составитель тома профессор В. Я. Курбатов, но целиком помещена в нем под ее настоящим названием [2, 409—433].

[Д о п. 58]. О том, как находились и расшифровывались  
менделеевские архивные материалы

(К стр. 184)

М. Д. Менделеева-Кузьмина, будучи директором Музея-архива Д. И. Менделеева при Ленинградском университете, много сделала для выявления новых материалов в бумагах своего отца, касающихся его научных открытий, в частности открытия периодического закона. В феврале 1952 г., незадолго до своей кончины, она сделала доклад в Ленинградском Доме ученых, посвященный 45-летию со дня смерти Дм. Ив. Этот доклад посмертно опубликован под заглавием «Заметки о Менделееве» [20]. В нем говорится: «Химический отдел архива представлял особенно трудную задачу. Приступая к его изучению, вы сразу попадете в дебри мелкого, разбросанного, на первый взгляд случайного, материала, в книгах — рукописные вставки, пометки на полях, таблички, писанные от руки. Вот

где, чтобы разобраться, нужны были очень большая проникаемость, архивный «нюх» и железная воля исследователя. В результате обработки этого материала собрался первый объемистый том «Научного архива» Д. И. Менделеева.

После того как в 1949 г. были найдены первые две подлинные рукописные таблицы периодического закона, датированные 17 февраля 1869 г. (речь идет о фотокопиях IV и V.— *Б. К.*), главной задачей стало возможно более полное освещение истории открытия закона. Теперь материалы, намечаемые к опубликованию в т. I «Научного архива», говорят нам о том, как постепенно формировались представления Менделеева о периодическом законе, показывают его борьбу за признание и укрепление закона, неразрывную связь открытия этого закона и дальнейшей разработки его с «Основами химии» — главным творением Менделеева.

Приведа далее запись Дм. Ив., — «Эти «Основы» — любимое дитя мое. В них — мой образ, мой опыт педагога и мои душевные научные мысли» [7, 35], М. Д. Менделеева-Кузьмина отмечает: «Лабораторией этих душевных научных мыслей являются найденные в архиве рукописи...»

Так оценивала значение найденных материалов, часть которых рассмотрена в этой книге, М. Д. Менделеева-Кузьмина, и ее оценка вполне соответствует действительности. Особенно большую активность она проявила в деле розыска тех карточек элементов, которые ее отец раскладывал «пасьянсом» в день открытия периодического закона. Однажды она показала мне обнаруженные ею карточки с данными для отдельных элементов, которые, по ее предположению, и были столь долго и тщательно разыскиваемыми карточками, составленными 17 февраля 1869 г. К сожалению, оказалось, что это — не те карточки и что их происхождение более позднее. В настоящее время из всех возможных материалов, относящихся к указанному дню, остались пока не обнаруженными только одни эти карточки.

Почему же Дм. Ив., столь бережно сохранявший все, даже самые мелкие и второстепенные, материалы, касавшиеся открытия периодического закона, не сохранил тех самых карточек, которые сыграли такую важную, можно сказать решающую, роль в этом открытии? Можно предположить, что эти карточки были им использованы при составлении для 2-й части «Основ химии» большой таблицы под названием «Естественная система элементов» [4, 6]. Возможно, что, составляя эту таблицу, Дм. Ив. наклеивал ранее составленные им карточки на соответствующие места; в результате наклеенные карточки были отосланы в типографию вместе со всей таблицей и там после изготовления клише пропали. Но, разумеется, что это только наше предположение. Но, так или иначе, карточки элементов, несмотря на

все старания работников Музея-архива Д. И. Менделеева при Ленинградском университете, до сих пор еще не найдены, и надежды на то, что они будут найдены, в настоящее время почти уже не осталось.

Следует отметить, что некоторые публикации архивных материалов Дм. Ив. сделаны неудовлетворительно, как например, в приложениях к томам XIII и XIV Сочинений Дм. Ив. (см. [3] и [4]). Расшифровку этих материалов произвела М. Д. Менделеева-Кузьмина, но при их напечатании были произвольно допущены грубые искажения. Это касается, в частности, таких важных документов, имеющих исключительно большое значение для истории открытия периодического закона, какими являются документы, изображенные на фотокопиях III, X и XII, которые были опубликованы с серьезными ошибками, а также и некоторых других документов; план, изображенный на фотокопии I, оказался напечатанным не полностью, а только в виде одной своей половины, причем не самой главной, без плана 2-й части «Основ химии»; вторая же его половина так и не увидела света, хотя была вплетена в тот же том 1009 личной библиотеки Дм. Ив., откуда были взяты вообще все приложения к тому XIII его Сочинений [3]. Точно так же из публикаций выпали и такие важные записи, как записи, изображенные на фотокопиях Ia и IIa, которые также были вплетены в тот же том 1009 библиотеки Дм. Ив.

В свое время М. Д. Менделеева-Кузьмина решительно возражала против такого отношения к научному наследию ее отца, о чем я подробно писал в своей рецензии на издание Полного собрания сочинений Дм. Ив.<sup>1</sup>

## ДОПОЛНЕНИЕ К ГЛАВЕ VII

[Д о п. 59]. Первое «замыкание» двух смежных столбцов<sup>1</sup> элементов в один непрерывный ряд

(К стр. 206)

Учитывая данное обстоятельство, можно заметить, что напрасно К. Г. Хомяков [15] иронизирует по поводу моего утверждения, что «внезапно обнаружился контакт между началом второго столбца и концом третьего столбца, как если бы имелся непрерывный ряд элементов, расположенных в порядке возрастания (или убывания) их атомных весов» [6, 105].

<sup>1</sup> См. мою статью «Серьезные ошибки и упущения (О полном академическом собрании сочинений Д. И. Менделеева)» [19, 122—133].

К. Г. Хомяков называет это утверждение наивным, между тем как в нем нет ничего, кроме констатации следующего исключительно важного обстоятельства: здесь впервые в ясной форме перед Дм. Ив. предстал характер открываемого закона, указывающего на *повторяемость свойств элементов* при расположении их *в один ряд по величине атомных весов*.

## ДОПОЛНЕНИЯ К ГЛАВЕ VIII

### [Д о п. 60]. Нейндуктивный характер открытия периодического закона

(К стр. 241)

Этот вопрос освещен А. В. Раковским (1879—1941) в прекрасной статье «Об открытии периодической системы элементов» [12, 37—46]. В начале статьи автор пишет: «В химической литературе иногда проскальзывает мнение, что создание периодической системы элементов есть плод строго индуктивного мышления и явилось результатом слепого следования за фактами. Однако краткая историческая справка о первых шагах Д. И. Менделеева в этой области покажет, что указанное мнение неверно» [12, 37].

### [Д о п. 61]. Нивелировка особенного как ступени познания

(К стр. 253)

В связи с вопросом о специфике особенного, как своеобразной ступени познания, рассмотрим статью Н. Г. Кристостурьяна «О соотношении общего и отдельного в познании».

Излагая взгляд Ф. Энгельса о ступенях научного познания, автор вслед за тем выражает свое несогласие с этим взглядом, толкуя его как пережиток гегелевских построений. Он пишет:

«Ф. Энгельс в гегелевской схеме вскрывает то реальное содержание, которое имеется в ней, если подходить к делу материалистически. Однако эта схема (единичное, особенное, всеобщее), появившаяся у Гегеля по традиции всей предшествующей философии («род», «вид», «индивид»), вовсе не обязательна. В самом деле, в явлениях действительности между их индивидуальными и всеобщими чертами можно найти целую серию других черт, различной степени общности. Поэтому развитие познания на деле состоит из ступеней, каждая из которых относится к последующей как отдельное к общему или менее общее к более общему. Ведь ясно, что даже суждение «трение есть

источник теплоты» можно рассматривать как суждение единичной формы лишь в связи с более общей формой — «всякое механическое движение способно посредством трения превращаться в теплоту». Между тем, если учесть, что первое суждение возникло в результате выделения общего из множества отдельных эмпирических фактов получения теплоты путем трения, то будет ясно, что и оно, по существу, есть суждение общей формы.

Приведенные примеры показывают, что соотношение категорий общего и отдельного в развитии познания сводится к процессу перехода от одного к другому, от отдельного к общему, от менее общего (существенного) к более общему (существенному); при этом знание общего дает более глубокое знание отдельного, от которого начиналось познание» [116, 39—40].

Далее, на той же странице, автор ссылается на высказывание Дм. Ив. из «Основ химии» [1, 405].

В том, что пишет Н. Г. Кристостурьян, много правильного: действительно, всякий переход от единичного к особенному и от особенного ко всеобщему и, если возможен, непосредственный переход от единичного ко всеобщему есть переход от отдельного к общему или от менее общего к более общему.

Правильно и то, что стоящее между единичным и общим особенное само может быть дву- или даже многостепенным, как это мы видели на примере образования из семейств Fe, Pt и Pt (особенное первой степени) особой, будущей 8-й группы (особенное второй степени), так что переход от единичного (отдельных элементов) ко всеобщему (общей системе) совершился здесь через удвоенное особенное (семейства и образованную из семейств группу).

Однако нельзя согласиться с тем, что, поскольку соотношение общего и отдельного является более широким, чем соотношение единичного и особенного, особенного и всеобщего, единичного и всеобщего, то тем самым будто бы снимается вопрос о разворачивании и конкретизации соотношения общего и отдельного в форме соотношения единичного, особенного и всеобщего.

Говоря о том, что любой из названных выше переходов можно представить как переход от отдельного к общему, автор улавливает лишь то, что является общим для всех этих переходов. Но, настаивая на достаточности такой общей, абстрактной постановки вопроса, он отрывает общее положение от его конкретных, специфических форм и проявлений.

В самом деле, мало сказать, что от отдельного, частного мы переходим к общему, надо еще выяснить, каким образом, с помощью каких приемов и способов совершается в каждом конкретном или типовом случае такой переход? И тут обнаруживается все глубокое значение группировки форм мышления



(понятий, суждений, умозаключений) по признакам единичности, особенности и всеобщности, которое, к сожалению, ускользнуло от внимания Н. Г. Кристостурьяна.

По Н. Г. Кристостурьяну получается, что достаточно оперировать понятием перехода от отдельного к общему, чтобы логически выразить все случаи обобщения; при этом автор забывает о специфике самих логических приемов обобщения, применяемых на различных ступенях познания, о их различной целенаправленности.

Обобщение на стадии особенности направлено к тому, чтобы *обособить*, разделить сформированные особым образом группы и даже противопоставить их одну другой. Обобщение имеет здесь ограниченный характер: оно объединяет только *сходство* и делает это для того, чтобы отделить его от несходного, противопоставив одно другому. Именно так попервоначально составлялись, например, обособленные группы галоидов и щелочных металлов и другие группы элементов.

Позиция Н. Г. Кристостурьяна в этом отношении означает почти нивелировку различных ступеней познания, превращение общей формулы «общее — отдельное» в чистую абстракцию. Было бы понятно, если бы автор попытался пойти от положений Энгельса вперед, в частности, если бы развил положение о расчлененности, многостепенности особенного, как промежуточного звена в познании,двигающегося от единичности ко всеобщности. Однако, сделав шаг в этом направлении и отметив, что между индивидуальными (в смысле: единичными) и всеобщими чертами у явлений действительности «можно найти целую серию других черт, различной степени общности», автор не решился идти дальше и сделал вывод: раз дело оказывается сложнее, чем его представил Энгельс, то не лучше ли вообще отказаться от признания ступени особенности в развитии научного познания. Тем самым автор пошел от Энгельса не вперед, а назад, к более упрощенному, а потому и менее содержательному взгляду на соотношение различных ступеней познания.

Методологический анализ истории открытия периодического закона опровергает такого рода взгляд и требует идти от Энгельса не назад, а вперед.

Кстати, в рассматриваемой статье сквозит некоторое противопоставление взглядов Энгельса взглядам Ленина по данному вопросу, когда излагаются высказывания Ленина о соотношении общего и отдельного, содержащиеся в его «Философских тетрадах», в частности во фрагменте «К вопросу о диалектике».

Но одно не противоречит и не отменяет другого. Когда Ленин трактует соотношение отдельного и общего, как единство противоположностей, то он берет для анализа, как он и сам об



этом пишет, простейшие примеры («Жучка есть собака» и т. д.). Ибо раскрыть диалектику общего и отдельного можно и нужно уже в простейшем примере.

Однако это вовсе не означает, что тем самым Ленин отказался от мысли раскрыть (в порядке развития элементов диалектики) конкретные, специфические формы соотношения общего и отдельного на различных ступенях познания или что он предлагал сводить все эти различающиеся между собой формы к обезличенному отношению общего и отдельного.

Важно в связи с этим подчеркнуть, что в тех же своих «Философских тетрадах» Ленин не раз обращается к вопросу о соотношении единичного, особенного и всеобщего. Например, он замечает:

«Анализ заключений у Гегеля (Е.—В.—А., «единичное, особое, всеобщее», В—Е—А etc.) напоминает о подражании Гегелю у Маркса в I главе»<sup>1</sup>.

В другом месте по поводу одной гегелевской формулировки Ленин записывает:

«Прекрасная формула: „Не только абстрактно“ всеобщее, но всеобщее такое, которое воплощает в себе богатство особенного, индивидуального, отдельного (все богатство особого и отдельного!!!)»<sup>2</sup>.

Таким образом, какое-либо противопоставление Ленина Энгельсу по данному вопросу не имеет основания. Для понимания логики научного открытия, сделанного Дм. Ив. 17 февраля 1869 г., и, в частности, примененного им метода обобщения, исключительно важное значение имеют положения диалектической логики, развитые Марксом, Энгельсом и Лениным, в особенности те, которые касаются соотношения общего и отдельного и его конкретизации в форме соотношения единичного, особенного и всеобщего, как ступеней всякого научного познания.

#### [Доп. 62]. Отрицание ступени особенного в открытии периодического закона

(К стр. 255)

Отрицание ступени особенности встречается у некоторых химиков, пишущих по вопросам истории химических открытий.

К этому в сущности сводится, например, упоминавшаяся уже выше концепция К. Г. Хомякова.

<sup>1</sup> В. И. Ленин, Философские тетради, 1947, стр. 152. (Имеется в виду глава I «Капитала». — В. К.)

<sup>2</sup> Там же, стр. 73.

На чем настаивает К. Г. Хомяков вопреки всем имеющимся налицо фактам? На том, что будто бы Дм. Ив. пришел к открытию периодического закона (всеобщего) не через сопоставление групп (т. е. не через особенное), а непосредственно от отдельных разрозненных элементов (т. е. прямо от единичного).

Утверждение К. Г. Хомякова равносильно полному вычеркиванию ступени особенности из развития научной мысли химиков, т. е. равносильно попытке сложный, противоречивый процесс ее восхождения от единичного через особенное ко всеобщему представить упрощенно, схематично, как простой переход от отдельного (от элементов) прямо и сразу к общему (к их общему ряду, из которого уже непосредственно якобы вытекает и вся их общая система).

Посмотрим, как должно было бы выглядеть открытие периодического закона и как оно должно было бы протекать, если на минуту согласиться с концепцией К. Г. Хомякова.

В табл. 53 составлены два полных ряда элементов, расположенных по величине их атомных весов, значениями которых располагал Дм. Ив. *перед* составлением своей системы элементов. Напомним, что в новом списке исправленных атомных весов (см. фотокопию IIIa) для Ca Дм. Ив. записал два значения (одно под вторым): 40 и 20?, а для Sr — одно (под вопросом) 87? Поэтому следует признать, что вопрос об атомных весах для щелочноземельных металлов был Дм. Ив. тогда еще не вполне ясен.

То же касается и полной черновой таблицы, где этим металлам (включая и Pb) приписаны первоначально не истинные атомные веса, а эквивалентные веса (под знаками вопроса).

Соответственно этому в табл. 53 представлены два полных ряда элементов: один — слева, где для Ca, Sr, Ba и Pb приняты эквивалентные веса, другой — справа, где для них приняты истинные атомные веса.

Поскольку для In в нижней неполной табличке принят атомный вес 36 и такой же записан первоначально на полях полной черновой таблицы, я полагаю, что это значение было вообще принято до открытия периодического закона. (Кстати, в новом списке атомных весов Дм. Ив. сначала записал карандашом In 36, а затем исправил чернилами на In 72; но это было уже после начала открытия.)

Что же дает разбор обоих возможных полных рядов всех элементов?

Никаких трехчленных «узлов» из представителей трех групп (галоидов, щелочных и щелочноземельных металлов) здесь нет и в помине. Если за стержень, вокруг которого концентрируются представители остальных названных групп, принять щелочные металлы, то оказывается следующее:

|                                                                   | А. Для щелочноземельных металлов и Pb<br>приняты старые (эквивалентные) веса:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Б. Для щелочноземельных металлов и Pb<br>приняты новые (истинные) атомные веса:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                               |
|-------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|
| Полный ряд элементов,<br>расположенных по величине атомных весов: | <div>Be</div> <div>H Li B C N O F Ca? Na Mg Al</div> <div>1 7 11 12 14 16 19 20 23 24 27</div> <div>Si P S Cl In? K Sr? Ti V Cr</div> <div>28 31 32 35 36 39 44 50 51 52</div> <div>Ni</div> <div>Mn Fe Er? Co Yt? Cu Zn Ba As Se</div> <div>55 56 56,3 58 60 63 65 68 75 79</div> <div>La Ru</div> <div>Br Rb Zr Ce Nb Di Mo Pb Ro Pl</div> <div>80 85 90 92 94 95 96 103 104 106</div> <div>Th?</div> <div>Ag Cd Sn Ur Sb J Te Cs</div> <div>108 112 118 120 122 127 128 133</div> <div>Ta Wo Au Pt Ir Os Hg</div> <div>182 184 197 197,4 198 199 200</div> <div>Tl Bi</div> <div>204 210.</div> | <div>Be</div> <div>H Li B C N O F Na Mg Al Si</div> <div>1 7 11 12 14 16 19 23 24 27 28</div> <div>P S Cl In? K Ca Ti V Cr Mn</div> <div>31 32 35 36 39 40 50 51 52 55</div> <div>Ni</div> <div>Fe Er Co Yt Cu Zn As Se Br Rb</div> <div>56 56,3 58 60 63 65 75 79 80 85</div> <div>La Ru</div> <div>Sr Zr Ce Nb Di Mo Ro Pl Ag</div> <div>87 90 92 94 95 96 104 106 108</div> <div>Th?</div> <div>Cd Sn Ur Sb J Te Cs Ba</div> <div>112 118 120 122 127 128 133 137</div> <div>Ta Wo Au Pt Ir Os Hg</div> <div>182 184 197 197,4 198 199 200</div> <div>Tl Pb Bi</div> <div>204 207 210.</div> |                                                                                               |
|                                                                   | Число элементов<br>между повторяющи-<br>мися аналогами:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | (Na) 7 (K) 16 (Rb) 18 (Cs)<br>(F) 7 (Cl) 17 (Br) 17 (J)<br>(Ca) 9 (Sr) 11 (Ba)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | (Na) 7 (K) 15 (Rb) 19 (Cs)<br>(F) 6 (Cl) 16 (Br) 18 (J)<br>(Ca) 15 (Sr) 19 (Ba)               |
|                                                                   | «Узлы» вокруг щелоч-<br>ных металлов в<br>полном ряду:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | ... H Li B ...<br>... Ca Na Mg ...<br>... In K Sr ...<br>... Br Rb Zr ...<br>... Te Cs Ta ...                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | ... H Li B ....<br>... F Na Mg ...<br>... In K Ca ...<br>... Br Rb Sr ...<br>... Te Cs Ba ... |

Таблица 53

Ряды элементов по величине их первоначальных атомных весов, без предварительного сопоставления групп.

1) В первом случае (слева) *ни в одном* из пяти случаев не наблюдается наличия «узлов» указанного трехчленного состава. То образуется «узел» из Ca, Na и Mg (причем Дм. Ив. рассматривает Mg как член группы Zn—Cd, но не Ca—Ba); то — «узел» из In, K и Sr; то — из Br, Rb и Zr, то, наконец, — из Te, Cs и Ta.

Только в *двух случаях* из 10 (в табл. 53 они подчеркнуты) наблюдается правильная последовательность, хотя бы только для двух смежных элементов, входящих в «узел», которая соответствует той, какую усмотрел К. Г. Хомяков. Это — K и Sr, Rb и Br.

Точно так же в составленном общем ряду элементов не обнаруживается никакой явной периодичности свойств, в смысле их повторения через правильное число звеньев (элементов). А ведь самая идея о таком общем ряде как раз и выдвигается К. Г. Хомяковым для того, чтобы сделать вывод: заметив, что аналогичные элементы повторяются через 7 (в малых периодах) или через 17 (в больших периодах) элементов, Дм. Ив. разделил общий ряд на равные отрезки, состоящие из 7 или из 17 элементов, подставил одни отрезки под другими и пришел к своей системе элементов.

Между тем в табл. 53 видно, что только для галоидов соблюдается такое правильное чередование через 7 и 17 элементов, разделяющих один галоид от другого в общем ряду всех элементов. У щелочных же металлов это имеет место только *в одном случае* из трех, а у щелочноземельных металлов отсутствует вовсе.

Так обстоит дело, если считать, что общий ряд элементов, расположенных по величине их атомных весов, был составлен при условии, что щелочноземельным металлам и Rb были приписаны старые, эквивалентные веса. Ясно, что ни о каком открытии периодического закона при этом не могло быть и речи.

2) Немногим лучше, а в некотором смысле даже хуже становится картина, если допустить, что Дм. Ив. принял для указанных металлов не эквивалентные, а сразу же истинные атомные веса (см. табл. 53, правую графу).

В таком случае в одном (но только *в одном*) «узле» из пяти наблюдалась бы та последовательность в расположении составляющих его элементов, которую предполагал найти в каждом таком «узле» К. Г. Хомяков. Это — Br, Rb и Sr. В остальных же «узлах» только три пары элементов отвечали бы такой последовательности (см. подчеркнутые элементы в табл. 53, справа), а другие — противоречили бы ей. Например, наряду с правильным соотношением: Cs—Ba, в этом же «узле» имелось бы неверное: Te—Cs; точно так же наряду с верным соотношением: K—Ca, имелось бы неправильное: In—K.

Точно так же, поскольку, повторяем, Mg не относился к группе Ca, последовательность K—Ca не могла рассматриваться как повторяющаяся последовательность: Na—Mg.

Таким образом, хотя картина несколько изменилась бы в лучшую сторону по сравнению с предыдущей, однако прочной опоры для открытия периодического закона здесь все же еще не было бы.

Если же обратимся к тому, через какое число элементов теперь чередуются полные аналоги, входящие в названные три группы, то увидим, что картина здесь резко ухудшается по сравнению с предыдущей. Только в *одном* случае из восьми повторение свойств наблюдалось бы через 7 элементов и ни разу — через 17.

Чередование аналогов происходило бы столь неправильно (то через 6, то через 15, 16, 18 и даже через 19 элементов), что не было бы никакой возможности разделить общий ряд на отдельные, сравниваемые друг с другом отрезки (периоды). А без этого открытие периодического закона, а тем более составление общей системы элементов было бы, разумеется, невозможным.

Выходит, следовательно, что переход от эквивалентных весов к истинным атомным, улучшая немного общую картину в одном пункте, ухудшает ее в другом. Получается то же, что и в известной басне с перешиванием кафтана.

Между тем К. Г. Хомяков, выдвигая свою гипотезу об открытии периодического закона, перечисляет трехчленные «узлы», состоящие каждый обязательно из следующих трех элементов: 1) галоида, 2) следующего за ним щелочного металла, 3) магния или соответствующего щелочноземельного металла. Эти «узлы» он приводит с целью доказать, будто Дм. Ив. взял их прямо из составленного им с самого начала полного ряда *всех* элементов, расположенных по величине их атомных весов.

Мы только что доказали, что это было бы совершенно невозможно сделать. Например, перед  $K=39$  в таком общем ряду *не мог* стоять  $Cl=35,5$ , поскольку существовал  $In$ , атомный вес которого и принимался  $=36$ ; точно так же перед  $Cs=133$  *не мог* стоять  $J=127$ , поскольку существовал  $Te$ , а его атомный вес принимался  $=128$ .

Откуда же К. Г. Хомяков взял свои «узлы»? Он взял их из сопоставления *групп* элементов, в том числе и трех групп: галоидов, щелочных и щелочноземельных металлов, которое первоначально произвел Дм. Ив., причем произвел, *не считаясь* пока еще с *общей* последовательностью атомных весов у всех элементов.

Ставя  $J$ , а не  $Te$  перед  $Cs$ , как это зафиксировано в последнем «узле» у К. Г. Хомякова, Дм. Ив. должен был *перед этим*

уже проделать все те операции, из которых вытекало, что здесь, в этом пункте, следует нарушить последовательность подписывания более легких элементов под более тяжелыми (т. е. последовательность расположения более легких элементов перед более тяжелыми в их общем ряду).

А это означает, что записанный, по Хомякову, «узел»: J, Cs, и Ba (но не Te, Cs и Ba) сам по себе свидетельствует неоспоримо о том, что уже *перед этим* Дм. Ив. сопоставил по крайней мере четыре группы элементов в следующем порядке: Ca, Na, Cl, O. Только в этом случае мог бы перед Cs = 133 оказаться J = 127, а не Te = 128.

Исключение In = 36 (в данном случае все равно, принимается ли атомный вес In равным 36 или 72, или 75,6) из общего ряда всех элементов связано только с тем, что In не нашел своего места ни в одной из групп, куда бы он ни ставился. Но это, разумеется, могло выясниться не при составлении общего ряда всех элементов, а при предварительном сближении и рассмотрении отдельных групп элементов. В противном случае In = 36 должен был бы непременно вклиниться между Cl = 35,5 и K = 39.

Кроме того, бросается в глаза, что в обоих случаях (и слева, и справа в табл. 53) в общем ряду элементов на одно место попадают такие элементы, которые *никогда и нигде* не сближались Дм. Ив., поскольку не сближались сами группы, в которые они входят. Это Be и N (=14), La и Nb (=94), Th и Sn (=118). Сближение их было бы настолько неестественным, что уже одно оно нарушило бы всякую закономерность и маскировало бы собой общий периодический закон.

Все сказанное выше свидетельствует о том, что гипотеза К. Г. Хомякова не выдерживает никакой критики, а потому является совершенно несостоятельной. Главный ее недостаток — в ее логической противоречивости. Если ее принять в одной части, то надо ее тут же опровергнуть в другой ее части, и наоборот:

а) Приняв, по К. Г. Хомякову, что Дм. Ив. получил несколько тройных «узлов» (каждый из одного галоида, одного щелочного и одного щелочноземельного металла), мы должны категорически отвергнуть его же предположение, что эти «узлы» могли образоваться сами собой в результате простого сведения всех элементов в общий ряд на первых же порах открытия. Такие «узлы» могли получиться только при сопоставлении между собой уже сформировавшихся ранее групп, взятых каждая как нечто целое.

б) Точно так же, приняв, по К. Г. Хомякову, что Дм. Ив. начал свое открытие с того, что составил общий ряд всех без исключения элементов по величине принятых для них в то время

атомных весов, мы должны столь же категорически отвергнуть допускаемую К. Г. Хомяковым возможность образования «узлов» с правильным их чередованием через определенное число (период) элементов.

Одно из двух — либо то, либо другое, и если одно, то не другое, и наоборот — таков вывод, вытекающий из критического разбора гипотезы К. Г. Хомякова. Источник несостоятельности этой гипотезы лежит в том, что она противоречит действительности.

Отныне можно считать твердо установленным, что Дм. Ив. пришел к открытию периодического закона через сопоставление отдельных групп. В том самом 3-м издании «Основ химии» (1877 г.), на которое ссылается К. Г. Хомяков, непосредственно перед тем местом, которое он процитировал, Дм. Ив. прямо пишет о том, что раньше были известны группы, а затем возник вопрос о их соотношении, что и вело к открытию общего закона [2, 264]. Это значит, что группы («особенное») явились необходимым опосредующим звеном в процессе движения мысли от единичного (отдельных элементов) ко всеобщему (к открытию периодического закона).

К. Г. Хомяков попытался своей гипотезой устранить это промежуточное, связующее звено в цепи всего открытия; в результате этого он пришел к логической несогласованности.

Иначе не могло и быть, ибо гипотеза К. Г. Хомякова противоречит исторической правде и соответствующей этой правде логической необходимости развития научной мысли.

**[Д о п. 63]. Некоторые ошибки, возникающие при отрицании ступени особенного в открытии периодического закона**  
(К стр. 257)

Такого рода ошибки можно, например, обнаружить в работах А. Л. Колесникова и Н. П. Агафошина, о которых говорилось уже выше. По поводу гипотез, выдвинутых *ad hoc* этими авторами, можно сказать то, что было сказано по поводу гипотезы К. Г. Хомякова, вариантами которой они являются.

В самом деле: исходя молчаливо из того допущения, будто Дм. Ив. начал свое открытие сразу с составления *общего* ряда всех элементов по величине их атомных весов, минуя сопоставление групп (особенное), А. Л. Колесников пришел к утверждению, что непосредственно за Са = 40 у Дм. Ив. шел Тi = 50, который в силу этого оказывался в одной группе с Al, и что будто бы лишь впоследствии Дм. Ив. снял Тi отсюда, оставив это место свободным для будущего экаалюминия.



Как мы уже показали выше, все это просто неверно, так как нигде и никогда Дм. Ив. не ставил  $Ti$  в непосредственной близости к  $Ca$ , да еще в группе  $Al$ .

Точно так же именно в силу стремления обойти особенное в качестве необходимой ступени познания, сыгравшей существенную роль в открытии периодического закона, Н. П. Агафшин выдвинул версию о том, что сначала Дм. Ив. ставил элементы *неправильно* в их общем ряду (например,  $Te=128$  после, а не перед  $J=127$ ), а затем он якобы «выдергивал» их из этого общего ряда и ставил на их места другие элементы. Но опять-таки и здесь отказ от признания особенного как ступени в открытии периодического закона привел к выдумыванию не существовавших никогда событий и действий.

[Д о п. 64]. Половинчатое решение вопроса о роли особенного  
в открытии периодического закона  
(К стр. 257)

Примером компромиссного решения данного вопроса могут служить высказывания Э. Карповица.

В уже упомянутой диссертации Э. Карповиц совершенно верно в ряде мест отмечает, что Дм. Ив. двигался к своему открытию, т. е. к открытию общего закона, не от отдельных, разрозненных элементов, а от их групп:

«Располагая не единичными элементами, а группами сходных элементов, он сблизил самые крайние, противоположные группы — щелочные элементы и галогены. Анализируя шесть групп сходных элементов, он тут же синтезирует их в единую систему, идя индукцией от единичных элементов и групп сходных элементов к всеобщей системе...»<sup>1</sup>

Начав с правильной мысли, автор, однако, допускает здесь неточность, когда смешивает переход от единичных элементов к группам, совершающийся путем индукции, с переходом от групп к системе, который уже не может быть назван индуктивным в обычном смысле слова.

Эта неточность усугубляется еще больше, когда автор заявляет, имея в виду развитие творческой мысли Дм. Ив.:

«Поэтому, идя от единичных элементов к всеобщей связи (индукция), он все время пользуется «местом» для дедукции, а последняя (дедукция) помогает путем индукции перейти от единичных к всеобщему»<sup>2</sup>.

<sup>1</sup> Э. Карповиц, Значение философских взглядов Менделеева для открытия им периодического закона химических элементов. Автореферат докторской диссертации, Москва — Рига 1954, стр. 13.

<sup>2</sup> Там же.

Здесь показано единство и взаимное дополнение индукции и дедукции, но выпало из поля зрения «особенное» (группы), без чего их единство и взаимное дополнение не могут быть раскрыты в полной мере.

Далее автор вновь правильно показывает, что ко всеобщему Дм. Ив. пришел не прямо от единичного, а через особенное. Говоря об «Опыте системы элементов», автор пишет о том пути, каким шел Дм. Ив.: «...он расположил не отдельные элементы, а целые группы их в порядке их атомных весов одну под другой. На это же указывается также в сообщении 1869 г.»<sup>1</sup>

Таким образом, у Э. Карповица мы не находим определенной, последовательно выдержанной точки зрения по данному вопросу: то он как будто признает наличие ступени особенности в истории открытия периодического закона, представленной группами сходных элементов, то, напротив, как будто игнорирует таковую, говоря о прямом переходе от единичного (отдельных элементов) ко всеобщему (системе) и от всеобщего к единичному. При этом во втором случае он явно неправильно именует индукцией и дедукцией совершенно иные логические приемы, которые лишь сопровождаются индуктивными и дедуктивными умозаключениями, но отнюдь не сводятся к ним.

По сравнению с концепцией К. Г. Хомякова, с порога отвергающего ступень особенности в познании химических элементов, высказывания Э. Карповица в некоторой их части представляются более верными, хотя и непоследовательными.

## ДОПОЛНЕНИЯ К ГЛАВЕ IX

[Д о п. 65]. Соответствие расположения элементов по атомным весам их расположению по атомности  
(К стр. 280)

Такое соответствие наметилось еще в верхней неполной табличке (см. фотокопию III); его можно записать следующим образом (сверху символа элемента в скобках стоит его атомность, снизу — его атомный вес):

|     |      |     |     |     |     |     |     |
|-----|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| (2) | (1)  | (2) | (3) | (4) | (1) | (2) | (1) |
| —   | F    | O   | N   | C   | H   | —   | Li  |
|     | 19   | 16  | 14  | 12  | 1   |     | 7   |
| Ca  | Cl   | S   | P   | Si  | —   | Mg  | Na  |
| 40  | 35,5 | 32  | 31  | 28  |     | 24  | 23  |

В нижней неполной табличке (см. фотокопию III) это соответствие оказалось выраженным гораздо яснее, что свидетель-

<sup>1</sup> Э. Карповиц, Значение философских взглядов Менделеева для открытия им периодического закона химических элементов. Автореферат докторской диссертации, Москва — Рига 1954, стр. 20.

ствовало о более глубокой разработке и более последовательном проведении сравнительного метода. Здесь мы видим следующую картину (обозначения те же):

|     |     |     |      |     |     |     |     |     |     |
|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| (3) | (2) | (1) | (1)  | (2) | (3) | (4) | (3) | (2) | (1) |
| Al  | —   | Na  | F    | O   | N   | C   | B   | —   | H   |
| 27  |     | 23  | 19   | 16  | 14  | 12  | 11  |     | 1   |
| Fe  | Ca  | K   | Cl   | S   | P   | Si  | —   | Mg  | —   |
| 56  | 40  | 39  | 35,5 | 32  | 31  | 28  |     | 24  |     |

Еще полнее и вернее стала эта картина в полной черновой таблице (см. фотокопию IV), где последовательное изменение сравниваемых значений атомности оказывалось соответствующим последовательному изменению сравниваемых атомных весов, зависящим от этого последнего.

**[Д о п. 66]. «Место» элемента в системе**  
(К стр. 282)

Признак «места» элемента в системе играет весьма существенную роль в современном учении о веществе. По этому поводу А. Е. Ферсман писал:

«В этой системе двух координат, как в обычных наших графических построениях, каждый элемент получил свое определенное *место*, занял свою *клетку* таблицы. Это *место* определяло не только чисто пространственное положение элемента в таблице, но оно тем самым определяло и *свойства элемента* и его соединений и его *взаимоотношения* с другими элементами таблицы. Такое толкование роли *места элемента* в периодической системе было принято самим Менделеевым...» [12, 108].

**[Д о п. 67]. Недопустимость резкого деления элементов**  
**на металлы и неметаллы**  
(К стр. 294)

Отголоски резкого деления элементов на металлы и неметаллы дошли до наших дней. В 1938 г. Я. И. Михайленко издал таблицу периодической системы элементов, раскрасив ее в разные цвета с тем, чтобы резко обособить и противопоставить друг другу металлы (выкрашенные в один цвет) и неметаллы (выкрашенные в другой цвет). При этом реальные переходы между обоими классами элементов были полностью «отменены» (разумеется, только на бумаге). В результате получились такие несуразности, что, например, Pb и Sn оказались зачисленными безоговорочно в число неметаллов только на том основании, что число электронов в наружном слое их атомов такое же, как и у неметалла С.

## ДОПОЛНЕНИЯ К ГЛАВЕ X

[Д о п. 68]. Роль случайных совпадений в день открытия  
периодического закона

(К стр. 302)

То обстоятельство, что Дм. Ив. сделал свое великое открытие именно в Петербурге в день намеченного выезда на сыроварни было, конечно, чистейшей случайностью с точки зрения развития не только всей химии, но и личного творчества самого ученого. Ведь вполне возможно было и такое течение событий, что Дм. Ив. уехал бы 17 февраля 1869 г. из Петербурга на сыроварни, не сделав еще своего открытия до отъезда; в таком случае он мог бы его сделать по возвращении в Петербург в марте 1869 г. или в какой-нибудь деревне Тверской губернии, или даже в железнодорожном вагоне. Случайно оказалось так, что это открытие ему довелось сделать в самый день намеченного выезда из Петербурга.

То обстоятельство, что наступил срок выезда, сыграло несомненно стимулирующую роль в развитии вполне уже подготовленного предшествующими работами Дм. Ив. открытия. Вероятно, на первых порах Дм. Ив. еще не видел, что начатые 17 февраля 1869 г. выкладки могут сорвать намеченный им на этот день отъезд и заставят отложить поездку на сыроварни минимум на 12 дней, до начала марта.

Поэтому было вполне естественным, что он торопился поскорее закончить начатые выкладки, которые очень быстро стали выливаться в новую систему элементов. Еще не решаясь отложить поездку, Дм. Ив., естественно, стремился к тому, чтобы как можно быстрее закончить то, что он начал в такой неподходящий для научных открытий день, как день выезда из города в длительную командировку. Вот это-то стремление — поскорее завершить начатое и не откладывать его на завтрашний день (ибо это означало бы отложить поездку) — и оказало, по всей видимости, огромное форсирующее влияние на творческую мысль Дм. Ив. в день 17 февраля 1869 г.

Возможно, именно поэтому, торопясь во что бы то ни стало выехать в намеченный срок, Дм. Ив. сумел закончить свое открытие в необычайно короткий срок, т. е. в один день, как это мы показали выше.

Заметим, кстати, что, собираясь объехать артельные сыроварни в Новгородской и Тверской губерниях, Дм. Ив. взял свидетельство и на то, чтобы побывать в Московской губернии, т. е. у себя в Боблове, которое было расположено как раз по соседству с местом нахождения обследуемых сыроварен. Задержка с выездом из Петербурга грозила и тем, что он не успеет повидаться со своими близкими, находившимися в Боблове.

По мере того как разворачивалось в день 17 февраля величайшее в истории химии открытие, Дм. Ив. становились очевидными грандиозные масштабы этого открытия; когда же оно было завершено, то стало ясно, что оно задержит Дм. Ив. в Петербурге еще на несколько дней. Так или иначе, стремление и прямая необходимость выехать из Петербурга в намеченный срок явились для Дм. Ив. на первых порах его открытия фактором, лимитирующим время, отведенное на самый процесс совершения данного открытия. В итоге с самого начала и создавался для Дм. Ив. своеобразный «цейтнот».

Таким образом, случайность сыграла определенную роль в истории данного открытия, как это имеет место и всегда. Здесь, как и везде, она выступила как форма проявления необходимости. Необходимым с точки зрения назревших потребностей научного развития в 60-х годах XIX века было теоретическое обобщение всех данных о химических элементах, сведение их в одну единую, причем естественную, но не искусственную систему. К этой необходимости вплотную подошел Дм. Ив. по ходу написания «Основ химии». Но само открытие могло прийти немного раньше или немного позднее, в рабочем кабинете в петербургской квартире Дм. Ив. или, например, в Боблове, в свободное каникулярное время, или во время чтения лекций и т. д. Все это зависело от случая, но так или иначе при стечении любых обстоятельств оно *должно* было произойти, ибо это было необходимым, вытекающим закономерно из всего предшествующего развития всей химии и научного творчества самого Дм. Ив.

Определенное стечение обстоятельств, чисто случайных с точки зрения общего научного развития, обусловило, что указанная необходимость смогла реализоваться именно 17 февраля 1869 г. и именно в той форме, как это и произошло в действительности.

[Д о п. 69]. Критика идеалистической концепции научного творчества в ее применении к открытию периодического закона

(К стр. 303)

Изложение идеалистической трактовки научного творчества вообще, научного творчества Дм. Ив. в частности, можно найти в работах М. А. Блоха. Сопоставляя творчество художника с творчеством ученого или изобретателя, М. А. Блох пишет:

«Художник скорее верит в свою интуицию, чем ученый и техник. В творческой деятельности ученого элемент интуиции

слишком тесно сплетается с элементом разума, необходимого для вывода из интуитивно рожденной гипотезы следствий и для проверки этих следствий экспериментом. Необходимость этой проверки и приводит ученого к ложному взгляду на творчество, как на деятельность, в основе которой лежат построения разума, тогда как наиболее ценным моментом и в научной творческой деятельности является иррациональное прозрение, интуиция, рождающая гипотезу»<sup>1</sup>.

В полном соответствии с такой концепцией Блох утверждал, что «человек никогда не знает, где и когда он собрал крупинцы того опыта, который в один прекрасный день оказывается соединенным в душе в новую идею, в новый замысел»<sup>2</sup>.

Ясно, что если новую идею подсознательно рождает интуиция, то человеку не дано осознать того, что совершается в нем подсознательно.

Таким образом, по Блоху, первичным, определяющим фактором в научном открытии является интуиция, которая действует, как иррациональное прозрение, и рождает гипотезу. Затем вступает в силу разум, который действует в качестве вторичного, производного фактора: разум выводит из рожденной иррациональным путем гипотезы логические следствия.

Ни о каком отражении объективной закономерности природы в сознании ученого у Блоха нет ни звука. На страницах своей книги Блох проповедует иррационализм и алогизм, интуитивизм и прочие модные идеалистические «теории».

Под свою идеалистическую концепцию, заимствованную из реакционной философии Бергсона, Пирсона и им подобных, М. А. Блох пытается подвести характеристику научного творчества великого русского химика-материалиста — Д. И. Менделеева. Заявляя, в соответствии со своей исходной интуитивистской установкой, что идея, лежащая в основе современной структурной химии (стереохимии), есть плод воображения, продукт фантазии, как якобы и всякое творение художника, Блох утверждает, будто «не меньший полет фантазии мы находим... у Д. И. Менделеева в его предсказаниях свойств новых элементов»<sup>3</sup>.

Нельзя отрицать большой роли научной фантазии в научном творчестве, но это не дает никакого права идеалистам утверждать, будто Дм. Ив. только *фантазировал*, предсказывая свойства неизвестных элементов. В действительности же Дм. Ив. отнюдь не занимался такого рода фантазированием, а вывел

<sup>1</sup> М. А. Блох, Творчество в науке и технике, Петроград 1920, стр. 47.

<sup>2</sup> Там же, стр. 15.

<sup>3</sup> Там же, стр. 16.

и вычислил точнейшим образом, строго опираясь на законы логического мышления, те следствия, которые вытекали из открытого им объективного закона природы.

Об этом «забыл» упомянуть Блох, пытающийся изобразить научный подвиг Дм. Ив. только как результат полета чистой фантазии. Не случайно поэтому и то, что Блох прибавляет мимоходом: «любимым чтением *Д. И. Менделеева* были сочинения Жюль Верна»<sup>1</sup>.

Блох грубо извращает материалистический взгляд Дм. Ив. на научное творчество как на достижение объективной истины, как на познание реальных законов природы, которые после их открытия получают применение на практике. Вместо этого Блох приписывает Дм. Ив. взгляд, будто неважно, какую цель ставит ученый в своем творчестве, неважно, что он ищет, а важен лишь самый процесс искания, важно искание ради искания. Блох заявляет:

«И прозорливая мудрость *Д. И. Менделеева* особенно сказалась в том, что он не говорит о цели творчества, а лишь о *процессе* его»<sup>2</sup>. В доказательство Блох приводит следующие выдержки из «Основ химии»:

«В том чистом наслаждении, которое доставляет приближение к поставленному гипотезой идеалу, в этом порыве сорвать завесу с сокрытой истины и даже в том разноречии, которое в этом отношении существует между разными деятелями, должно видеть наиболее прочные залогов дальнейших научных успехов. История науки показывает, что этим путем наука двигалась, узнавались новые истины, а вместе с тем достигались попутно и чисто практические цели».

Совершенно очевидно, что в приведенных выдержках, взятых из книги Дм. Ив., нет ничего похожего на тот субъективистско-идеалистический взгляд, который Блох пытался приписать Дм. Ив., будто для Дм. Ив. цель — ничто, а движение — все. Дм. Ив. говорит именно о *цели* научного творчества, видя ее в узнавании новых истин, в смелом порыве ученого сорвать завесу с сокрытой истины, в приближении к тому, что ставит гипотеза, указывающая на эту истину. Именно так Дм. Ив. искал и нашел периодический закон, о чем свидетельствуют рассмотренные выше материалы.

В тех же «Основах химии» Дм. Ив. рассказывает о том, что самая идея о существовании закономерной связи между массой и химическими свойствами элементов зародилась у него давно и что именно эта идея руководила им в ходе открытия периодического закона.

<sup>1</sup> М. А. Блох, Творчество в науке и технике, стр. 21.

<sup>2</sup> Там же, стр. 32.



Значит, процесс научного творчества отнюдь не был для Дм. Ив. самоцелью, а с самого начала был строго определенным образом *целенаправленным*, причем сам Дм. Ив. ясно видел и сознавал ту цель, к которой он устремил все свои помыслы и усилия, все свое научное творчество.

Напомню еще раз слова Дм. Ив. на этот счет: «...невольнo зарождается мысль о том, что между массою и химическими особенностями элементов необходимо должна быть связь, а так как масса вещества... выражается окончательно в виде атомов, то надо искать функционального соответствия между индивидуальными свойствами элементов и их атомными весами. Искать же чего-либо — хотя бы грибов, или какую-либо зависимость — нельзя иначе, как смотря и пробуя. Вот я и стал подбирать, написав на отдельных карточках элементы, с их атомными весами и коренными свойствами, сходные элементы и близкие атомные веса, что быстро и привело к тому заключению, что свойства элементов стоят в периодической зависимости от их атомного веса, причем, сомневаясь во многих неясностях, я ни на минуту не сомневался в общности сделанного вывода, т. к. случайности допустить было невозможно» [1, 619].

Как сильно отличается это четкое указание Дм. Ив., что он сознательно ищет определенную закономерную связь между массой и свойствами элементов, и высказываниями М. А. Блоха на этот счет. Более того, у Блоха научное творчество ученого, в частности Дм. Ив., основывается целиком на игре счастливых случайностей, которая находится полностью во власти произвола и капризов интуиции. Между тем Дм. Ив. отвергает допущение случайностей и подчеркивает, что и поиски закономерности и ее открытие в виде периодической зависимости свойств элементов от их атомного веса были осуществлены под направляющим влиянием ясно осознаваемой цели исследования, а вовсе не благодаря игре случайных факторов.

Для идеалиста Блоха наука целиком зависит от случайностей; для материалиста Менделеева наука опирается на познание объективных закономерностей, а потому она в своей основе чужда чистым случайностям. О полной правоте Дм. Ив. в этом вопросе свидетельствует вся история открытия им периодического закона.

Между тем, верный себе, пытаясь подделать Дм. Ив. под интуитивиста Эрберга, Блох пишет:

«Эрберг правильно подчеркивает, что наслаждение, о котором говорит Менделеев, лежит не в цели, но именно в процессе творчества... Творчество, как борьба, как порыв, такое творчество доступно лишь избранныкам природы, ее гениям, но, как

мы уже указывали, гении встречаются редко, крупницы же гениальности, искры божии, рассеяны повсюду»<sup>1</sup>.

В тесной связи с только что рассмотренной идеалистической концепцией М. А. Блоха находятся многочисленные утверждения всякого рода субъективистов о том, что будто законы природы, в том числе и периодический закон, создаются людьми, их сознанием и волей. Проповедью такого махистского взгляда на законы природы занимался, в частности, Н. А. Шостьин. Свой анализ научной и педагогической деятельности Дм. Ив., в том числе и открытия им периодического закона, Шостьин связал со взглядами махистов, в частности со следующим высказыванием Пуанкаре (Шостьин приводит это высказывание в качестве правильной философской установки):

«Физики... изобрели слово «энергия» и это слово оказалось чрезвычайно плодотворным, ибо оно творило закон...»<sup>2</sup>

Итак, по мнению Шостыина, махист Пуанкаре прав, когда он слову приписывает способность творить законы. Между тем такой субъективистско-идеалистический взгляд на законы есть обычный вымысел реакционных философов, не имеющий ничего общего с подлинной наукой. В действительности же, как известно, законы науки не творятся, а открываются учеными. Вот почему нельзя именовать 17 февраля 1869 г. днем сотворения, создания или, как это делает Б. Степанов, днем «рождения периодического закона»<sup>3</sup>.

[Д о п. 70]. «Пасьянс» — удачное название  
для раскладывания карточек элементов  
(К стр. 304)

Слово «пасьянс» (*la patience*) означает по-французски «терпение»; для того, чтобы добиться правильного расположения карт при раскладывании пасьянса, нужно довольно долго и терпеливо перекладывать карты по установленным правилам; при этом требуется проявить немало сообразительности и даже в известном смысле изобретательности. Помещенные в этой книге архивные материалы, в особенности полная черновая таблица элементов, изображенная на фотокопии IV, показывают, какое поистине огромное *терпение* со стороны Дм. Ив. потребовалось для того, чтобы путем раскладывания карточек с элементами создать «Опыт системы элементов».

<sup>1</sup> М. А. Блох, Творчество в науке и технике, стр. 33

<sup>2</sup> Н. А. Шостыин, Д. И. Менделеев и проблемы измерения, М. 1947, стр. 20.

<sup>3</sup> Б. Степанов, История великого закона, М. 1952, стр. 187.

Термин «пасьянс» очень удачно передает самую суть познавательного приема, примененного Дм. Ив. в ходе своего открытия. Поэтому не прав Н. П. Агафшин, утверждая, что слово «пасьянс» употребляется лишь как шутливое название методического приема, примененного Дм. Ив.<sup>1</sup> В действительности же, как увидим ниже, это название чрезвычайно метко характеризует существо познавательного приема, примененного при открытии периодического закона. Игры случайностей, т. е. вытаскивания «карт из колоды» наугад, у Дм. Ив. не было и в помине, ибо вопрос стоял только так, что карточка каждого элемента должна лечь на строго определенное место в общем «пасьянсе» (таблице), и, следовательно, на каждом месте в «пасьянсе» должна оказаться не какая-либо карточка, а только одна вполне определенная карточка данной заранее известной «масти» и данного заранее же известного «значения».

Аналогия с пасьянсом основана на том, что раскладывание обычного пасьянса сводится к следующей задаче: от случайно получившегося расположения карт нужно перейти — путем известных операций, проводимых по строго определенным правилам, путем многократного перекартывания карт — к вполне последовательному (так сказать, «закономерному») порядку их расположения одна подле другой и одна за другой.

В конечном счете никакой игры случая или ставки на случайность здесь нет. Поэтому было бы неправильно считать, что сравнение с пасьянсом умаляет научное, познавательное значение приема раскладывания карточек с элементами, который был применен Дм. Ив. Ведь суть этого сравнения состоит в том, что до Дм. Ив. элементы группировались в случайном порядке, часто хаотически, а Дм. Ив., отправляясь от этого случайного их расположения, как исходного, пришел путем многократного перекартывания отдельных карточек (как это и делается в обычном пасьянсе) к системе элементов, в которой они располагались уже правильно, т. е. закономерно.

Дм. Ив. вовсе не вытаскивал наугад из общей «колоды» карточек ту или другую карточку для того, чтобы попробовать, не подойдет ли она случайно на данное пустое место в «пасьянсе», а переставлял карточки по строго определенным правилам: каждая карточка должна была иметь:

во-первых, близкое «значение» (т. е. близкий атомный вес) с другими карточками, лежащими в данном вертикальном столбце (меньше вышележащей карточки и больше нижележащей карточки);

---

<sup>1</sup> См. Н. П. Агафшин, Избранные главы общей химии, М. 1956, стр. 36.

во-вторых, она должна была иметь ту же «химическую масть» (т. е. принадлежать к одной и той же естественной группе), как и остальные карточки, лежащие в данном горизонтальном ряду.

Например, когда перед Дм. Ив. встал вопрос, куда поместить In, то при этом Дм. Ив. не просто клал карточку с In куда придется, с расчетом, что она случайно попадет на свое место, а искал для нее соответствующего ей места, исходя из атомного веса In, (его «значения») и его химических аналогий (его «масти»). Последние требовали, как казалось Дм. Ив., поместить In около Zn. Поэтому сначала Дм. Ив. ставит In между Mg и Zn, затем — между Zn и Cd, затем — между Zn и As и только после всех этих перестановок переносит In на самый край своей таблицы (см. фотокопию IV).

Позднее Дм. Ив. продолжает поиски места для индия (см. фотокопию VIII), пытаясь вновь и вновь сблизить In с Zn. Во всех этих пробованиях имеется определенная правильность и последовательность, исключающая возможность говорить о какой-то лотерее.

#### [Д о п. 71]. Возможный источник идеи «пасьянса»

(К стр. 315)

Высказывая предположение, что идея «пасьянса» возникла у Дм. Ив., возможно, под влиянием знакомства с работами Жерара, в которых уже была использована аналогия между естественной классификацией в химии и игральными картами, мы считаем нужным обратить внимание на другое обстоятельство: возможно, что к этой мысли Дм. Ив. пришел и непосредственно (минуя пример Жерара), т. е. по ассоциации со своими собственными вкусами и занятиями для отдыха. Его племянница Н. Я. Капустина-Губкина (1855—1922) свидетельствует, например:

«Иногда Дмитрий Иванович раскладывал пасьянс, пока ему читали вслух. Он всегда сердился, если ему указывали, куда лучше положить карту, он во всем любил самостоятельность» [18, 188].

Далее она рассказывает, что ее мать — Екатерина Ивановна (1818—1901), старшая сестра Дм. Ив., играла с шестилетним Дм. Ив. «в модную тогда игру в карты «тинтере» или «палки», где главную роль играл счет, и маленький будущий ученый всегда обыгрывал свою замужнюю сестру» [18, 188].

Кто знает, как создавались психологические предпосылки в сознании Дм. Ив., которые, спустя много лет,

реализовались в ассоциации, оказавшейся исключительно плодотворной и состоявшей в идее раскладывания карточек элементов на подобие игральных карт? Разумеется, сейчас об этом можно только догадываться и вряд ли когда-нибудь удастся установить это с полной достоверностью. Однако возможность такого рода ассоциации представляется нам вполне реальной.

[Д о п. 72]. Характерные черты научного творчества, свойственные передовым ученым и проявившиеся у Менделеева  
(К стр. 319)

Отметим интересную особенность научного творчества передовых ученых, выявившуюся со всей отчетливостью у Дм. Ив. в течение 17 февраля 1869 г. Когда выработка всей системы элементов как чего-то целого наталкивалась на неожиданные трудности, Дм. Ив. не пасовал перед ними, не отступал назад, а искал новые, иногда обходные пути для их преодоления. При этом нахождение таких новых конкретных путей преодоления возникающих препятствий на пути создания общей системы элементов означало умение Дм. Ив., сообразуясь с характером осуществляемого теоретического синтеза, творчески, конкретно применять метод научного мышления к решению задач научного исследования.

Так это было тогда, когда после составления двух неполных табличек Дм. Ив. неожиданно натолкнулся на трудность, которая свидетельствовала об отсутствии ясности в определенных отношениях между элементами. В таких случаях приходилось *пробовать и испытывать* не подойдет ли для данного элемента или для данной группы элементов то или иное положение в системе. Без этого невозможно было бы довести до конца начатый теоретический синтез, т. е. выработку действительно общей системы элементов. Преодолевая эту трудность путем применения своеобразного «химического пасьянса», Дм. Ив. обнаружил большой талант по части нахождения наиболее адекватных и вместе с тем весьма точных и гибких приемов для выработки системы.

Точно так же, хотя и несколько по-другому, проявилась у Дм. Ив. та же способность неуклонно двигаться вперед — к открытию нового закона природы и созданию на его основе естественной системы — при решении трудности с размещением семейств Fe, Pt и Pt. Было ясно, что эти элементы составляют часть целого, т. е. часть всей системы элементов, и что вместе с тем они связаны между собою более тесно, чем с остальными элементами. Попытки разместить их в системе не-

зависимо одно от другого приводили Дм. Ив. к неудачам. И вот тогда он вводит как бы «ступенчатость» в самом процессе создания общей системы: сначала отдельно составляет частичную табличку для указанных семейств, а затем, сохраняя полностью те связи и отношения, которые выявились уже в пределах этих семейств, переносит составленную частичную табличку в общую систему.

Здесь мы видим замечательную способность ученого к осуществлению теоретического синтеза не сразу, одним ударом, а в той последовательности, которая соответствует специфическим особенностям самого объекта изучения. Возвращаясь к тому, что было уже сказано выше (гл. VI и VIII), напомним, что по сути дела таков был весь путь открытия периодического закона у Дм. Ив.: за исходное при составлении системы элементов Дм. Ив. принял не отдельные элементы, а именно их *группы*. Полагая, что связи *внутри* этих групп были установлены в общем правильно предшествующими исследователями, Дм. Ив. с самого начала стал искать взаимоотношения *между* группами; для этого он их сопоставлял одну с другой по величине атомного веса их членов. Когда же перед ним встала трудность при размещении металлов будущей 8-й группы, он сначала связал их семейства между собой, а затем связал эту, уже систематизированную в узких пределах группу элементов со всей их системой.

Если бы у Дм. Ив. не было развитой в высшей степени способности к теоретическому синтезу, к выработке подлинно научной системы, все эти и другие приемы научного творчества не могли бы так точно, быстро и успешно действовать в его голове при решении столь трудной задачи, с которой не могли справиться лучшие химики того времени.

Укажем еще на один пример того же порядка: в конце составления системы элементов Дм. Ив. натолкнулся на еще большую трудность с размещением «сомнительных» элементов, у которых были неточно установлены атомные веса. Натолкнувшись на них, Дм. Ив. мог пойти двумя путями:

либо начать тут же изучение каждого из них в отдельности с целью более точного определения их атомного веса, но тогда это отвлекло бы его от главной задачи — создания системы элементов на строго объективной основе, т. е. на основе определенного закона природы;

либо выявить и как бы отсеять все «сомнительные» элементы, оставив их в стороне и отложив их более подробное исследование на будущее время.

Как было показано выше, Дм. Ив. пошел вторым, единственно правильным в тех условиях путем. Он как бы «просеял» все известные ему элементы через теоретическое «сито» и отобрал



только достоверное, на что можно было положиться при разработке общей системы элементов и при нахождении лежащего в ее основе закона.

Умение отделять сомнительное от твердо установленного, достоверного является необходимым условием для того, чтобы осуществляемый теоретический синтез в виде определенной системы не был засорен неточными и непроверенными данными и мог привести к желаемому результату.

Вот почему потребовался большой, если можно так выразиться, научный такт при отборе семи «сомнительных» элементов, которые Дм. Ив., дабы не задерживать развития творческого процесса, вынес один за другим за пределы создаваемой им системы.

Если бы он этого не сделал, то с самого же начала его мысль могла бы зайти в тупик неразрешимых в тот момент трудностей с определением атомного веса и места семи «сомнительных» элементов. В итоге главный результат — нахождение нового закона природы и построение на его основе системы элементов — отодвинулся бы на второй план по сравнению с более частными и производными вопросами, касающимися отдельных элементов, мало изученных и лишь недавно открытых, как это было, например, с индием.

Проследивая весь процесс создания Дм. Ив. системы элементов в течение 17 февраля 1869 г., мы видим, с какой тщательностью и кропотливостью Дм. Ив. «отбирал» элементы для их включения в систему. Он по нескольку раз возвращался к одному и тому же «сомнительному» элементу, то записывал его на полях своей черновой таблицы (см. фотокопию IV), то пробовал поставить его на то или иное место в системе, то снова выносил за скобку и, наконец, в результате окончательного отсева ставил его на краю системы.

Все это и дало возможность Дм. Ив. со всей отчетливостью выделить главное, чему был посвящен и к чему был направлен его многолетний труд, завершившийся 17 февраля 1869 г. открытием периодического закона. При этом сомнения в неясностях не только не помешали увидеть и раскрыть общую закономерность, но как бы еще резче ее оттеняли и подчеркивали, будучи фиксированы вниманием Дм. Ив. Впоследствии по этому поводу он вспоминал, что, сомневаясь во многих неясностях, он ни на минуту не сомневался в общности сделанного вывода, т.к. случайности допустить было невозможно.

Здесь у Дм. Ив. своеобразно проявились такие черты, присущие всякому ученому-новатору, как целеустремленность, готовность довести до конца начатое дело, умение решать возникшую задачу с наименьшей затратой сил и наиболее эффективным способом, строгая логическая последовательность



в развитии творческой мысли, умение отделять главное от второстепенного, первоочередное от того, что можно и нужно отложить для последующего исследования, направляя все свое внимание на решение главной, первоочередной задачи. Все эти черты научного творчества, присущие тем ученым, которые способны совершать великие научные открытия, проявились у Дм. Ив. применительно к задаче создания системы элементов.

[Доп. 73]. Ложная «концепция» о национальной  
исключительности ученых одной страны

(К стр. 320)

Отмеченная «концепция» проводится, в частности, в статье С. А. Балезина «Роль русских химиков в развитии мировой химической науки»<sup>1</sup>, в которой автор пытается неправильно приписать русским ученым некоторые открытия, сделанные за рубежом нашей страны.

Основываясь на таких великих открытиях, как прежде всего открытие Дм. Ив. периодического закона, автор в порядке обобщения делает вывод: «Отличительной чертой корифеев нашей науки является решение больших проблем, опирающихся на синтез знаний в различных областях науки» [14а, 26].

Уже в этой формулировке проскальзывает неверная мысль о том, будто корифей только *одной* страны, в отличие от корифеев других стран, способны были заниматься и занимались «решением больших проблем, опирающихся на синтез знаний». Иначе, зачем же было тогда называть это их *отличительной* чертой?

Вопреки всем фактам истории науки С. А. Балезин утверждает следующее: «Это стремление к синтезу с широким философским обобщением является характерной национальной чертой представителей русской науки» [14а, 26].

Если верить С. А. Балезину, то, кроме ученых одной определенной национальности, никто из деятелей науки не обладал таким «стремлением к синтезу с широким философским обобщением», ибо, как он утверждает, такое стремление есть *национальная* (следовательно, специфическая, не повторяющаяся у других наций) особенность, присущая только данному народу.

Всякая попытка отстоять эту «концепцию» приводит к неразрешимым противоречиям. В самом деле: как быть тогда с трудами великого итальянского ученого Галилея, создавшего основы научной механики, с трудами великого английского

<sup>1</sup> Эта статья С. А. Балезина была раскритикована еще в 1948 г. в моей статье «Критические заметки на философские темы» [11а, 62—65].

физика и математика Ньютона, осуществившего величайший в истории науки теоретический синтез всего современного ему естествознания в своих «Математических началах натуральной философии»?

Куда отнести гениальные творения французского философа и физика Декарта, давшего образцы синтетического подхода к изучению явлений природы? Что сказать про грандиозный синтез всей античной науки, осуществленный великим древнегреческим мыслителем Аристотелем, которого Энгельс справедливо называл самой универсальной головой среди древних греческих философов?

Как тогда назвать произведения итальянского ученого, изобретателя, художника Леонардо да Винчи, все творчество которого представляет собой образец именно синтетического охвата самых различных сторон познания и практической деятельности человека?

Как поступить с открытиями Канта, пробившего брешь в старом метафизическом взгляде на природу и положившего начало проникновению в естествознание тех самых идей, которые с полным основанием могут быть отнесены к синтезу с широким философским обобщением?

Как быть тогда с Дарвином, открытие которого носит именно такой синтетический философский характер, ибо дает возможность создать цельную, внутренне единую картину происхождения и развития живых существ, всей органической природы?

Как, наконец, надо относиться к Гегелю, у которого, по словам Энгельса, «синтез наук о природе и их рациональная группировка представляют собою большее дело, чем все материалистические глупости, вместе взятые...»<sup>12</sup>

Совершенно очевидно, что нельзя утверждать, будто во всех этих и других научных достижениях отсутствует стремление к синтезу с широким философским обобщением. Но именно к такому глубоко неправильному выводу неизбежно приводит указанная выше «концепция», согласно которой стремление к отмеченному синтезу составляет *отличительную* черту ученых только одной какой-то страны, т. е. их национальную особенность, присущую только им, но не представителям науки других стран (иначе зачем было говорить об их отличительности?). Только так можно понять данную «концепцию».

В действительности же, конечно, ничего специфически национального, отличительного в таком стремлении к теоретиче-

---

<sup>1</sup> Ф. Энгельс, Дialeктика природы, 1955, стр. 161. Под «материалистическими глупостями» Энгельс имеет в виду высказывания вульгарных материалистов середины XIX века.— Б. К.

ским обобщениям нет и быть не может. Такого рода стремление есть общая черта всякого крупного, теоретически мыслящего передового ученого, подвигающегося в науке в тот ее период, когда сама наука уже подготовлена для синтетических обобщений, следовательно, когда эти обобщения становятся необходимыми, назревшими и требуются ходом научного прогресса.

История науки показывает со всей убедительностью, что у всех вообще народов — и великих и малых, и западных и восточных, у народов романских, германских, славянских, монгольских, арабских и всех других, какие только существуют и существовали на свете, — в совершенно *равной* степени имеется способность к широким теоретическим обобщениям и к синтезу знаний и что ни у одного из народов эта способность не выступает как какое-то исключительное призвание, которое свойственно якобы только или по преимуществу ему одному.

Склонность к теоретическому обобщению, к синтезу знаний не есть вообще нечто такое, что связано с национальной или расовой принадлежностью ученого, а есть основная черта всякого человеческого прогрессирующего познания, всей человеческой науки вообще, независимо от того, в какой стране и представителем какого народа она развивается. К тому же нет и не может быть *английского* закона всемирного тяготения, *немецкого* синтеза мочевины, *французских* законов электродинамики, *датской* модели атома или *русского* периодического закона, ибо законы природы везде одни и те же.

Сказанное относится и к области учения о *строении вещества*. Если хотя бы на мгновение допустить, что все же указанная «концепция» имеет оправдание, то как тогда быть, например, с открытиями французского химика Лавуазье, который, по всеобщему признанию, совершил революцию в химии и дал синтез всех знаний о веществе, накопленных к концу XVIII века, осуществив этот синтез на основе созданной им кислородной теории?

Куда зачислить в таком случае английского химика Дальтона, который также, по всеобщему признанию, разработал атомную теорию в химии, позволившую построить всю химию XIX века на основе этой теории?

Что сказать тогда о системе химии, созданной шведским химиком Берцелиусом, которая синтетически охватывала всю химию начала XIX века, строя ее на основе электрохимических представлений?

Как поступить с учением Жерара, французского химика-реформатора, который в середине XIX века синтетически охватил всю тогдашнюю химию на основе молекулярного учения, известного как унитарное учение? С систематизаторской рабо-

той итальянского химика Канницаро, который оказал сильнейшее влияние на членов Международного химического съезда в Карлсруэ в 1860 г., в том числе и на молодого Дм. Ив., участвовавшего в работе этого съезда? С открытиями голландского физико-химика Вант-Гоффа и американского физико-химика Гиббса, которые в разных планах и аспектах дали синтетическую разработку основ современной физической химии, в частности химической термодинамики?

Как быть с позднейшими открытиями датского физика Нильса Бора, уже в наше время синтетически охвативших собою громадную область явлений, связанных со строением атома?

Как относиться к другим многочисленным достижениям огромной армии ученых *всех стран мира*, которые коллективными усилиями многих и многих своих поколений осуществляли и осуществляют грандиознейший синтез знаний, именуемый наукой?

Неужели всех этих ученых следует лишить права на «стремление к синтезу с широким философским обобщением», тогда как на деле все они такой синтез осуществляли наряду с учеными нашей страны?

Очевидно, мы должны категорически отвергнуть названную «концепцию», как лишенную какого бы то ни было основания, если не хотим прийти в противоречие с исторической правдой.

То, что по недоразумению было выдано за национальную, отличительную черту ученых, в частности химиков лишь одной страны, на проверку оказывается отличительной чертой всех вообще *передовых* ученых в противоположность ученым, которые придерживаются отсталых взглядов, отрицают роль теоретического мышления, будучи сторонниками узкого эмпиризма.

В действительности же отличительные черты теоретически мыслящих передовых ученых оказываются присущими и русским химикам (Менделеев, Ломоносов, Бутлеров), и английским ученым (Ньютон, Дальтон, Дарвин), и немецким (Кант, Гегель), и французским (Декарт, Лавуазье, Жерар), и итальянским (Галилей, Леонардо да Винчи, Канницаро), и скандинавским (Берцелиус, Бор), и голландским (Вант-Гофф), и американским (Гиббс) ученым, равно как ученым многих других стран. Достаточно назвать страны Востока и среди них Китай, Индию, Египет, Японию, чтобы еще нагляднее, еще выпуклее обнаружить всю ложность данной «концепции».

Стремление к великим научным открытиям синтетического характера с широкими философскими обобщениями неразрывно связано с познанием истины в подлинном смысле этого слова. Ведь всякая истина, поскольку она познана и поскольку

она касается достаточно большого круга ранее разобщенных между собою явлений природы, неизбежно должна означать синтез знаний с широкими философскими обобщениями.

Ум, который может довольствоваться нахождением мелких кусочков истины, установлением отдельных фактов, собиранием эмпирического материала, но не в состоянии делать открытия большого масштаба и проводить синтетические обобщения, такой ум лишен возможности познать истину во всей ее глубине. Ученые с таким умом встречаются во всех странах мира. Ничего специфически национального в таком мышлении, разумеется, нет.

«Концепция», признающая наличие умов широкого масштаба, способных к синтезу, за какое-то национальное отличие ученых одной определенной нации, тем самым логически предполагает утверждение, что столь же национальной и столь же отличительной чертой ученых других наций является отсутствие такой способности, т. е. наличие у них способности лишь к открытиям сугубо частного характера, к собиранию отдельных фактов, к узкому эмпиризму.

Но это означало бы признание, что не все нации, не все народы и расы равны в смысле способности к глубокому и полному познанию истины, но что этой способностью обладают якобы лишь некоторые народы и расы. Очевидно, что такой вывод глубоко антинаучен, чужд и враждебен марксизму.

Что касается самого Дм. Ив., то он был подлинным *интернационалистом* в науке, чуждым всякой национальной ограниченности. В своих высказываниях по поводу истоков открытия периодического закона он неоднократно ссылался на ряд предшествующих открытий, послуживших общей основой для создания периодической системы элементов.

Особенно Дм. Ив. выделял синтетические обобщения, осуществленные Ньютоном (понятие массы), Дальтоном (понятия атомного веса и кратности в строении вещества), Жераром (понятия молекулы и типа химических соединений).

Дм. Ив. с уважением относился к ученым любой страны. Например, в предисловии к своим лондонским чтениям он с большим уважением отзывался об английских ученых, говоря:

«...мы, русские, привыкли с великим почетом относиться к массе научных имен Великобритании, это естественно, потому что мы наследовали от умов их много величайших плодов научной пытливости» [1а, 14].

Обращаясь к своим детям и ученикам, Дм. Ив. завещал им наследовать уважение к английской науке: «Пусть они более умело, чем умею я, славят имена великих провозвестников истины: Ньютона и Фарадея...» [1а, 12—13].

Дм. Ив. никогда не считал свое стремление к широким синтетическим обобщениям специфически национальной чертой, так как он, конечно, понимал, что без такой склонности и такого стремления вообще не бывает крупных ученых, делающих научные открытия. Поскольку же крупные открытия делаются представителями всех стран мира, и тут никаких национальных ограничений ни на кого не накладывается, постольку отпадает всякая возможность объявлять это национальной принадлежностью какого-то одного народа.

Таким образом, все факты истории науки и взгляды самого Дм. Ив. резко расходятся с «концепцией» С. А. Балезина и не оставляют от нее камня на камне.

Мы остановились так подробно на разборе этой ошибочной «концепции» потому, что она может направить по неверному пути мысль историков науки. Критикуя взгляды С. А. Балезина, мы старались раскритиковать чуждое нашей передовой советской науке представление, несовместимое с принципами интернационализма.

Разумеется, что столь же решительно и сурово должна быть осуждена и отвергнута такого рода «концепция» в любом случае, независимо от того, какой именно нации она отдает предпочтение по сравнению с другими нациями. Ибо идеология национальной исключительности в любой ее форме чужда марксизму с его признанием равенства всех народов, всех наций, всех рас и с его призывом к их содружеству.

**[Д о п. 74]. О соотношении единичного, особенного и всеобщего в применении к явлениям общественной жизни**  
(К стр. 329)

Любопытно отметить, что сам Дм. Ив. к такого рода вопросам подходил со своим научным методом, который был охарактеризован в предыдущих главах. Исключительно интересно, что по сути дела Дм. Ив. рассматривал соотношение личного, индивидуального с государственным, национальным и общечеловеческим в разрезе соотношения единичного, особенного и всеобщего, проявляя и здесь, хотя и неосознанно, глубоко диалектический подход к изучаемым явлениям.

В 1891 г. в своей работе «Толковый тариф или исследование о развитии промышленности России в связи с ее общим таможенным тарифом 1891 г.» Дм. Ив. сопоставляет интересы частных лиц, интересы целых государств и народов и интересы общечеловеческие. Он весьма решительно возражал против того, что «упускается из вида сложение людей в государства и только при посредстве государств в человечество. Обсуж-



дая клетки, из которых состоят все органы человека, и рассматривая его отправления, потребности и интересы не следует упустить из вида сложение клеток в отдельные органы, и нельзя без ущерба в правильности понимания пропустить отправления рук, глаз, легких и тому подобных собраний клеток, специализированных по строению и назначению» [56, 134].

Дм. Ив. со всей силой подчеркивает, что в трактовке явлений общественной жизни нельзя ограничиваться сопоставлением только единичного, индивидуального, личного и общечеловеческого, минуя особую ступень, которую составляет объединение людей в государства и народы. Эта ступень, по Дм. Ив., представляет собой опосредствующее звено, позволяющее раскрыть и понять всю сложность и многообразие людских отношений.

Напротив, игнорирование этого связующего звена неизбежно приводит к упрощенчеству, к неправильному представлению о жизни общества. Дм. Ив. далее пишет:

«Скачок от личных интересов отдельных людей прямо к интересам общечеловеческим, пропуская интересы государственные, настолько же составляет явный пропуск, как скачок от единиц к тысячам, помимо десятков и сотен, или как переход от атомов прямо к телам, помимо того воздействия атомов, которое проявляется при сложении их в частицы (или молекулы) и определяет химические превращения веществ. Если в атомах или отдельных лицах есть различия, то тем более их есть и быть должно в разных частицах или государствах» [56, 135].

Сказанное может быть отнесено и к рассмотренному выше вопросу о соотношении личного, национального и общечеловеческого в научном творчестве. Как показал Дм. Ив., это соотношение таково же, как и соотношение единичного, особенного и всеобщего.

[Доп. 75]. О ранних трудах Л. И. Менделеева, послуживших подготовкой к открытию периодического закона  
(К стр. 332)

В своем интересном и содержательном исследовании раннего этапа творческой деятельности Дм. Ив. Р. Б. Добротин<sup>1</sup> пишет: «Причину того, что именно изоморфизм привлекал Менделеева в этот период (речь идет о 50-х годах XIX века. — Б. К.), сле-

<sup>1</sup> Р. Б. Добротин, Ранний период научной деятельности Д. И. Менделеева как этап на пути к открытию периодического закона. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата химических наук, Л. 1953. (В дальнейшем в скобках указаны страницы этого издания.)



дует видеть в том, что близость кристаллических форм веществ давала возможность судить об общих соотношениях сходства или различия между веществами, что было существенным моментом при попытках систематизации последних... Впоследствии в «Основах химии» при изложении периодической системы Менделеев возвращается к изоморфизму и указывает на то, что изоморфизм как «критерий» сходства веществ сыграл важную роль в истории открытия периодического закона» (стр. 5—6).

Далее, говоря о магистерской диссертации Дм. Ив., посвященной удельным объемам, автор отмечает: «Значение удельных объемов для создания системы веществ настолько велико, что Менделеев использует их даже как функцию атомного веса при первой формулировке периодического закона (кривая атомных объемов)» (стр. 9). Это — не совсем точно: впервые Дм. Ив. прибег к истолкованию атомных объемов в качестве физической функции атомных объемов лишь в марте (или в конце весны) 1869 г., т. е. уже после того, как была дана первая формулировка периодического закона в статье «Соотношение свойств с атомным весом элементов». Значение же работы над удельными объемами отмечено Р. Б. Добротиним совершенно верно. Автор прав, когда резюмирует: «Таким образом, одним из важнейших достижений рассматриваемой работы Д. И. Менделеева является установление связи между свойствами и атомным весом» (стр. 11).

Далее автор переходит к выяснению того, каким образом Дм. Ив. пришел к изучению новых свойств веществ, рассчитывая найти в них новый критерий сходства и различия веществ и установить более точные соотношения между свойствами веществ и их атомными или молекулярными весами (массами).

Закljučая свое исследование, автор подчеркивает, что он обращал главное внимание «на те работы и идеи, которые в той или иной степени характеризуют путь Менделеева к открытию периодического закона. Хотя мы видим, что некоторые важные моменты будущего открытия были разработаны Менделеевым уже в этот период, вместе с тем нельзя считать, что это в какой-либо мере может повлиять на датировку открытия. В рассматриваемый нами период имела место лишь разработка отдельных моментов будущего открытия и не было еще выработано ни системы, охватывающей всю совокупность веществ, ни общего принципа систематизации.

В рассматриваемый период отсутствовало также учение Менделеева о формах химических соединений. Это учение, сыгравшее важную роль в открытии периодического закона, Менделеев начал разрабатывать в период занятий органической химией, главным образом в связи с теорией пределов» (в начале 60-х годов XIX века.— Б. К.) (стр. 13—14).

Приведенные выдержки свидетельствуют о том, сколь сложен, длителен и многосторонен был путь творческой деятельности Дм. Ив., приведший к открытию периодического закона<sup>1</sup>.

[Д о п. 76]. Простое счастье или талант и труд?  
(к стр. 334)

Капустина-Губкина вспоминает один эпизод, показывающий, что Дм. Ив. даже в мелочах отдавал предпочтение таланту, а тем более труду, по сравнению с тем, что называют «счастьем» или «везением». Однажды соседние с Бобловым крестьяне спросили Дм. Ив.:

— Скажи-кася ты, Митрий Иванович, хлеб-то у тебя как родился хорошо за Аржаным прудом.. Талан это у тебя, али счастье?

— *Конешно*, братцы, талант, — ответил им Дм. Ив.

Свой ответ он объяснил потом так:

— Зачем же я скажу, что это только мое счастье. В талане заслуги больше [См. 18, 165].

Дм. Ив. всегда считал, что как в обыденной жизни, так и в научном творчестве и в техническом изобретательстве талант и труд прежде всего определяют успех дела.

---

<sup>1</sup> О раннем периоде научной деятельности Дм. Ив. вплоть до начала 1861 г. см. в книге М. Н. Младенцев и В. Е. Тищенко, Дмитрий Иванович Менделеев, его жизнь и деятельность, т. I, изд. АН СССР, М.-Л. 1938.

## СПИСКИ И УКАЗАТЕЛИ

### 1. СПИСОК ФОТОКОПИЙ<sup>1</sup>

|                                                                                                                                                                                                     |         |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| I. Один из самых ранних набросков плана вып. 2 части 1-й и общего плана 2-й части «Основ химии» (составлен, вероятно, при завершении вып. 1 в 1868 г.) .....                                        | 17      |
| Ia. Ряд металлов одноатомных (щелочных), двуатомных (щелочноземельных) и переходных (составлен, возможно, при начале работы над первыми главами 2-й части «Основ химии» в начале 1869 г.) .....     | 29      |
| II. Письмо Ходнева с первыми выкладками и сопоставлением групп элементов по величине атомного веса их членов, сделанными Менделеевым (17 февраля 1869 г.) .....                                     | 42—43   |
| IIa. Обращение Вольного экономического общества к Менделееву в связи с обследованием артельных сыроварен (17 февраля 1869 г.) .....                                                                 | 40—41   |
| III. Две неполные черновые таблички элементов, составленные Д. И. Менделеевым на отдельном листке бумаги (17 февраля 1869 г.) .....                                                                 | 49      |
| IIIa. Список атомных весов, составленный на полях вып. 1 «Основ химии» в целях подготовки карточек элементов для «пасьянса» (17 февраля 1869 г.) .....                                              | 65—69   |
| IIIб. Таблица элементов из 2-й части «Основ химии» (10 февраля 1871 г.); содержит данные, которые соответствуют карточкам элементов, составленным для «пасьянса» за два года до того* .....         | 74—75   |
| IV. Полная черновая таблица элементов, отразившая процесс раскладывания карточек элементов («пасьянса»), который привел к составлению «Опыта системы элементов» (17 февраля 1869 г.)* .....         | 78—79   |
| V. Переписанная набело таблица «Опыт системы элементов» с пометками Менделеева для типографии (17 февраля 1869 г.)* .....                                                                           | 90—91   |
| VI. Вариант системы элементов горизонтального типа с частично укороченными рядами; составлен при написании первой статьи о периодическом законе (конец февраля 1869 г.)* .....                      | 101     |
| VII. Вариант короткой системы элементов вертикального типа с подразделением рядов на четные и нечетные; составлен при написании первой статьи о периодическом законе (конец февраля 1869 г.)* ..... | 104—105 |

<sup>1</sup> Звездочками отмечены те фотокопии, которые были уже напечатаны в томе I Научного архива Д. И. Менделеева в 1953 г. [8]. Без звездочек приведены фотокопии, публикуемые здесь впервые.

|      |                                                                                                                                                                                                |         |
|------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| VIII | Вариант короткой системы элементов вертикального типа, озаглавленный «Удельные веса и удельные объемы» (составлен, вероятно, в конце февраля или в марте 1869 г) *                             | 105     |
| IX   | Таблица элементов с вычислением разности атомных весов у элементов различной атомности и с предсказанием неизвестных элементов будущей нулевой группы (конец февраля 1869 г) *                 | 107     |
| X    | Часть таблицы элементов с указанием на сдвигание (укорачивание) рядов (конец февраля 1869 г) *                                                                                                 | 109     |
| Xa   | Черновой набросок выводов из статьи «Соотношение свойств с атомным весом элементов» (конец февраля 1869 г)                                                                                     | 127     |
| XI   | Отдельный листок с «Опытом системы элементов» (по-французски), разосланный некоторым иностранным ученым 1 марта 1869 г (датирован днем открытия по новому стилю) *                             | 135     |
| XII  | Более поздний вариант плана 2-й части «Основ химии», составлен, вероятно, в самом начале 1869 г, дополнен и уточнен, очевидно, в конце февраля или в марте 1869 г *                            | 138—139 |
| XIII | Свидетельство для поездки Менделеева на сыроварни (выдано 15 февраля) с обозначением отсрочки поездки до 12 марта                                                                              | 147     |
| XIV  | Письмо Н В Верецагина о маршруте поездки на сыроварни, полученное Менделеевым незадолго до 17 февраля 1869 г                                                                                   | 149     |
| XV   | Извещение о предстоящем сообщении Менделеева на заседании отделения Вольного экономического общества (получено 18 марта 1869 г) с заметками Менделеева о числе экземпляров вып 2 «Основ химии» | 150—151 |
| XVI  | Часть длинных периодов элементов с атомными объемами — «Группы по величине атома» (июнь 1869 г) *                                                                                              | 223     |

## 2. СПИСОК ТАБЛИЦ

|    |                                                                                                                                                    |     |
|----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 1  | Атомные и эквивалентные веса простых тел (63 элемента) Конец 1867 — начало 1868 г (?)                                                              | 341 |
| 2  | Атомные веса «обыкновеннейших простых тел» (22 элемента) Середина 1868 г (?)                                                                       | 342 |
| 3  | Первоначальный набросок плана «Основ химии» (41 элемент) Середина 1868 г (?)                                                                       | 343 |
| 4  | Первые дополнения к первоначальному наброску плана «Основ химии» с выделением «обыкновеннейших простых тел» (42 элемента) Середина 1868 г (?)      | —   |
| 5  | Перестановки, изменения и новые дополнения в первоначальном плане «Основ химии» (46 элементов) Вторая половина 1868 г (?)                          | 345 |
| 6  | Варианты распределения металлов с выделением «переходных» между щелочными и щелочноземельными Начало 1869 г                                        | 346 |
| 7. | Вариант плана «Основ химии» ( $55 + \{2\} = 57$ элементов) Начало 1869 г (?)                                                                       | 348 |
| 8  | Сравнение трех вариантов плана 2-й части «Основ химии» Середина 1868 г (?) — начало 1869 г (?)                                                     | 349 |
| 8a | Первые сопоставления элементов по величине атомных весов с целью нахождения их разности у элементов разных групп (19+4 элемента) 17 февраля 1869 г | 355 |

|                                                                                                                                                                                     |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 9. Начало составления верхней таблички вплоть до первой записи разностей атомных весов (15 элементов). 17 февраля 1869 г.                                                           | 361 |
| 10. Продолжение составления верхней таблички из 4 столбцов вплоть до второй записи разностей атомных весов. (26 элементов)                                                          | 364 |
| 11. Завершение верхней таблички; первый перенос группы элементов; намечение 5-го основного и 1-го промежуточного столбца (31 элемент)                                               | 366 |
| 12. Анализ верхней таблички из 5 основных столбцов и одного промежуточного. Начало оформления центральной части системы (31 элемент)                                                | 367 |
| 13. Начало составления нижней таблички. Перенос группы щелочных металлов на их естественное место (23 элемента). 17 февраля 1869 г.                                                 | 369 |
| 14. Дописывание столбцами атомных весов к символам элементов, внесенных в нижнюю табличку (23 элемента)                                                                             | —   |
| 15. Попытка достроить нижнюю табличку сверху и снизу (32 элемента)                                                                                                                  | 371 |
| 16. Дальнейшее пополнение новыми элементами нижней таблички. Образование 5-го основного и 1-го промежуточного столбцов (41 элемент)                                                 | 373 |
| 17. Завершение нижней таблички. Образование нового столбца из легчайших элементов (42 элемента)                                                                                     | 375 |
| 18. Анализ нижней таблички из 6 основных столбцов и одного промежуточного. Оформление центральной части системы, обведенной рамкой (42 элемента)                                    | 376 |
| 19. Сравнительный анализ хода составления двух табличек элементов. Рост общего числа входящих в нее элементов, групп и столбцов                                                     | 377 |
| 20. Сравнительный анализ хода образования центральной части системы при составлении двух табличек элементов                                                                         | 380 |
| 21. Список уточненных атомных весов элементов. 17 февраля 1869 г.                                                                                                                   | 382 |
| 21а. Перенос основной части нижней неполной таблички элементов в общий «пасьянс» всех элементов                                                                                     | 387 |
| 22. Размещение карточек «ясных» элементов из 1-й кучки (27 элементов). 17 февраля 1869 г.                                                                                           | 388 |
| 23. Начало размещения карточек «легких» элементов из 2-й кучки. Образование 1-го промежуточного столбца (39 элементов)                                                              | 389 |
| 24. Первые перестановки и дополнительные включения карточек «легких» элементов из 2-й кучки (40 элементов)                                                                          | 393 |
| 25. Начало размещения карточек «тяжелых» элементов из 3-й кучки. Образование 2-го промежуточного ряда (52 элемента)                                                                 | 394 |
| 26. Перестановки карточек «легких» элементов из 2-й кучки и «тяжелых» элементов из 3-й кучки. Очищение «окраин» системы. Образование частичной таблички из 3 семейств (52 элемента) | 395 |
| 27. Перестановки и дополнительные включения карточек «тяжелых» элементов из 3-й кучки. Подключение 4 семейств к таблице элементов на ее «окраинах» (57 элементов)                   | 396 |
| 28. Начало размещения карточек «сомнительных» элементов из 4-й кучки. Ликвидация промежуточных рядов (59 элементов)                                                                 | 398 |

29. Размещение последних карточек «сомнительных» элементов из 4-й кучки Завершение составления полной черновой таблицы элементов (63 элемента) . 399
30. Анализ полной таблицы элементов из 6 основных столбцов в завершенном виде (63 элемента) 401
31. Сравнительный анализ хода составления путем «пасьянса» полной таблицы элементов Постепенный рост общего числа включенных в нее элементов и числа элементов, вставших на свои места 403
32. Сравнительный анализ хода составления путем «пасьянса» полной таблицы элементов, включение в нее элементов, бывших или подразумевающихся в нижней табличке, и постановка части элементов на их прежние места 405
33. Изменения, внесенные в полную таблицу элементов при ее переписывании набело Предсказание 6 неоткрытых элементов (63 + 16 элементов) 17 февраля 1869 г 408
34. Корректирующая правка, произведенная Д. И. Менделеевым в листке с «Опытом системы элементов» Конец февраля 1869 г 411
35. Общая схема сдвигания больших периодов в «Опыте системы элементов» Образование трех промежуточных столбцов и одного крайнего 413
36. Начало составления второго варианта системы Восстановление двух промежуточных столбцов (63 элемента) Конец февраля 1869 г 414
37. Продолжение составления второго варианта системы Заполнение промежуточных столбцов и образование трех новых столбцов (55 элементов) 415
38. Достройка двух промежуточных столбцов во втором варианте системы (55 элементов) 416
39. Достройка последнего промежуточного столбца во втором варианте системы Завершение всей таблицы (55 элементов) 417
40. Окончательное распределение элементов во втором варианте системы элементов (55 элементов) —
41. Составление основы третьего (вертикального) варианта системы элементов из верхней части второго (горизонтального) ее варианта Добавление Н Разделение рядов на четные (/) и нечетные (\) (42 элемента) Конец февраля 1869 г 418
42. Включение трех элементов в середину третьего варианта системы. В четных рядах 23 элемента, в нечетных — 21, без Н (45 элементов) 419
43. Превращение предпоследнего ряда элементов в третьем варианте системы из нечетного в четный Помещение ртути в середину таблицы и остальных элементов, кроме платины, на ее края (55 элементов) 420
44. Включение еще двух элементов в середину таблицы Завершение третьего варианта системы элементов (56 элементов) 421
45. Включение индия и церия в первоначальную основу третьего варианта системы элементов (58 элементов) Конец февраля или начало марта 1869 г. (?) 422
- 45а. Разделение «легких» элементов на нечетно- и четно- (или дву-) атомные Предвидение трех элементов из будущей нулевой группы (20 элементов + 3 предположительных) Конец февраля 1869 г. 423
- 45б. Общая схема «сдвигания» больших периодов в системе (17 элементов) Конец февраля 1869 г . 425

|    |                                                                                                                               |     |
|----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 46 | Четвертый вариант системы «длинная» таблица элементов с растянутыми малыми периодами Конец февраля — начало марта 1869 г (?)  | 426 |
| 47 | Вариант «длинной» таблицы элементов с поставленными один над другим малыми периодами Конец февраля 1869 г                     | 428 |
| 48 | Добавления и перестановки в плане «Основ химии» $(61 + \frac{1}{2}) = 63$ элемента) Конец февраля — март 1869 г (?)           | 434 |
| 49 | Данные об удельных весах и атомных объемах в «Основах химии» и в рукописной таблице                                           | 440 |
| 50 | Последовательность изменений в символике некоторых элементов с середины 1868 г по март 1869 г                                 | 484 |
| 51 | Типовая последовательность в изменениях величин атомных весов от грубого их значения (А) до более (В) и еще более (С) точного | 488 |
| 52 | Сопоставление записей атомных весов, сделанных в течение 17 февраля 1869 г                                                    | 490 |
| 53 | Ряды элементов по величине их первоначальных атомных весов, без предварительного сопоставления групп                          | 504 |

### 3. СПИСОК ДОПОЛНЕНИЙ

#### ДОПОЛНЕНИЕ К ПРЕДИСЛОВИЮ

|         |                                                                   |     |
|---------|-------------------------------------------------------------------|-----|
| [Доп 1] | Труды, содержащие анализ новых менделеевских материалов (к стр 7) | 339 |
|---------|-------------------------------------------------------------------|-----|

#### *Часть первая*

#### ДОПОЛНЕНИЯ К ГЛАВЕ I

|         |                                                                                                         |     |
|---------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| [Доп 2] | События того времени, не связанные с открытием периодического закона (к стр 13)                         | 340 |
| [Доп 3] | Таблицы элементов с принятыми в 1867—1868 гг атомными весами (к стр 14)                                 | —   |
| [Доп 4] | Один из наиболее ранних планов «Основ химии» Расшифровка фотокопии I (к стр 20)                         | 342 |
| [Доп 5] | Сопоставление вариантов распределения металлов в «Основах химии» Расшифровка фотокопии Ia (к стр 32)    | 345 |
| [Доп 6] | Сопоставление различных планов «Основ химии» Начало расшифровки фотокопии XII (к стр 32)                | 347 |
| [Доп 7] | Предполагавшийся отъезд из Петербурга в феврале 1869 г. для обследования артельных сыроварен (к стр 34) | 349 |

#### ДОПОЛНЕНИЯ К ГЛАВЕ II

|          |                                                                                                                                                    |     |
|----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| [Доп 8]  | Два письма от ВЭО с датой 17 февраля 1869 г по поводу поездки на артельные сыроварни (к стр 42)                                                    | 353 |
| [Доп 9]  | Первое сопоставление групп несходных элементов по величине атомного веса Расшифровка фотокопии II (к стр 43)                                       | 355 |
| [Доп 10] | Элементы и их группы, известные к моменту открытия периодического закона (к стр 47)                                                                | 358 |
| [Доп 11] | Первая попытка сопоставить несколько изученных групп элементов по величине атомных весов Начало расшифровки верхней части фотокопии III (к стр 47) | 360 |



|                                                                                                                                                                                                 |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| [Доп. 12]. Первая неполная табличка элементов. Завершение расшифровки верхней части фотоконии III (к стр. 52).....                                                                              | 365 |
| [Доп. 13]. Расширение первоначально составленной таблички. Начало расшифровки нижней части фотоконии III (к стр. 55) .....                                                                      | 368 |
| [Доп. 14]. Попытки дальнейшего расширения таблички элементов и обнаружение непригодности табличного приема составления их полной системы. Завершение расшифровки фотоконии III (к стр. 56)..... | 371 |
| [Доп. 15]. Общий итог первого этапа открытия периодического закона. Анализ фотоконий II и III (к стр. 61).....                                                                                  | 376 |

## ДОПОЛНЕНИЯ К ГЛАВЕ III

|                                                                                                                                                                                                  |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| [Доп. 16]. Уточнение списка атомных весов. Расшифровка фотоконии IIIa (к стр. 72).....                                                                                                           | 381 |
| [Доп. 17]. О карточках элементов для «пасьянса» (к стр. 75) .....                                                                                                                                | 384 |
| [Доп. 18]. Отражение в записях на бумаге порядка раскладывания «пасьянса» (к стр. 80).....                                                                                                       | 385 |
| [Доп. 19]. Воспроизведение в «пасьянсе» результатов, полученных при составлении неполных табличек элементов (к стр. 80).....                                                                     | 386 |
| [Доп. 20]. Размещение первых элементов в полной таблице элементов. Начало расшифровки фотоконии IV (к стр. 80).....                                                                              | 388 |
| [Доп. 21]. Означало ли приравнивание атомных весов Co и Ni предвидение изотопии? (к стр. 82) .....                                                                                               | 390 |
| [Доп. 22]. Первые перестановки карточек в полной таблице. Продолжение расшифровки фотоконии IV (к стр. 83).....                                                                                  | 393 |
| [Доп. 23]. Постройка частичной таблички с элементами будущей 8-й группы и подключение ее к основной таблице. Продолжение расшифровки фотоконии IV (к стр. 84).....                               | 394 |
| [Доп. 24]. Завершение «пасьянса». Окончание расшифровки фотоконии IV (к стр. 87).....                                                                                                            | 397 |
| [Доп. 25]. Общий итог решающего этапа открытия периодического закона. Анализ фотоконии IV. Сравнительное исследование хода составления системы элементов при помощи «пасьянса» (к стр. 89) ..... | 402 |
| [Доп. 26]. Переписка набело «Опыта системы элементов» и правка его корректуры. Расшифровка фотоконии V (к стр. 90).....                                                                          | 407 |

## ДОПОЛНЕНИЯ К ГЛАВЕ IV

|                                                                                                                                                   |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| [Доп. 27]. Название первой статьи: «Соотношение свойств с атомным весом элементов» (к стр. 95).....                                               | 412 |
| [Доп. 28]. Сдвигание рядов и выключение из системы «сомнительных» элементов. Расшифровка фотоконии VI (к стр. 103) .....                          | —   |
| [Доп. 29]. Переход от таблицы горизонтального типа к таблице вертикального типа со сдвоенными рядами. Расшифровка фотоконии VII (к стр. 104)..... | 418 |
| [Доп. 30]. Первая система элементов с атомными объемами. Расшифровка фотоконии VIII (к стр. 109).....                                             | 422 |
| [Доп. 31]. Разделение «легких» элементов на четно- и нечетноатомные. Расшифровка фотоконии IX (к стр. 110).....                                   | 423 |
| [Доп. 32]. Схема «сдвигания» больших периодов (рядов). Расшифровка фотоконии X (к стр. 110) .....                                                 | 24  |

|                                                                                                                           |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| [Доп. 33]. «Первая проба» расположения всех элементов в последовательный ряд по величине атомных весов (к стр. 111) ..... | 425 |
| [Доп. 34]. «Длинная» система с прерванными малыми периодами (к стр. 115) .....                                            | 426 |
| [Доп. 35]. «Длинная» таблица без выделения малых периодов. Общая схема вариантов системы (к стр. 118) .....               | 427 |
| [Доп. 36]. Черновик выводов из первой статьи. Расшифровка фотокопии Ха (к стр. 130) .....                                 | 429 |

## ДОПОЛНЕНИЯ К ГЛАВЕ V

|                                                                                                                                     |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| [Доп. 37]. Печатаание и рассылка листка с «Опытом системы элементов» 1 марта 1869 г. (к стр. 132) .....                             | 433 |
| [Доп. 38]. Доработка плана 2-й части «Основ химии» после 17 февраля 1869 г. Завершение расшифровки фотокопии XII (к стр. 138) ..... | 434 |
| [Доп. 39]. Схема последовательного описания двуатомных металлов в «Основах химии» (к стр. 143) .....                                | 436 |
| [Доп. 40]. Последовательность записей удельных весов и атомных объемов (к стр. 145) .....                                           | 439 |
| [Доп. 41]. Легенды о мнимых причинах отсутствия Менделеева на заседании РХО 6 марта 1869 г. (к стр. 154) .....                      | 441 |
| [Доп. 42]. Поездка Менделеева на артельные сыроварни в начале марта 1869 г. (к стр. 154) .....                                      | 446 |
| [Доп. 43]. Хроника событий с декабря 1868 г. по март 1869 г. (к стр. 154) .....                                                     | 449 |

## Часть вторая

## ДОПОЛНЕНИЯ К ГЛАВЕ VI

|                                                                                                                                         |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| [Доп. 44]. Другие свидетельства, косвенно подтверждающие некоторые детали рассказа А. А. Иностранцева (к стр. 161) .....                | 453 |
| [Доп. 45]. Хроника событий 17 февраля 1869 г. (к стр. 164) .....                                                                        | 454 |
| [Доп. 46]. Легенда об открытии периодического закона во сне (к стр. 164) .....                                                          | 458 |
| [Доп. 47]. Легенда о раздельном открытии закона и системы (к стр. 169) .....                                                            | 460 |
| [Доп. 48]. Признание факта сопоставления групп элементов при открытии периодического закона (к стр. 177) .....                          | 462 |
| [Доп. 49]. Легенда о сопоставлении элементов не группами, а в общем последовательном ряду (к стр. 177) .....                            | 463 |
| [Доп. 50]. Ошибочные предположения, связанные с легендой о мнимом составлении общего ряда элементов, минуя их группы (к стр. 177) ..... | 469 |
| [Доп. 51]. Как сопоставлялись группы элементов — целиком или первыми членами? (к стр. 178) .....                                        | 471 |
| [Доп. 52]. Значение фактов и гипотез в историческом исследовании (к стр. 179) .....                                                     | 478 |
| [Доп. 53]. Датирование материалов на основании изменения символики элементов (к стр. 182) .....                                         | 483 |
| [Доп. 54]. Установление последовательности пяти основных документов (к стр. 183) .....                                                  | 485 |
| [Доп. 55]. Типовая последовательность в изменении атомных весов (к стр. 183) .....                                                      | 486 |

|                                                                                                         |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| {Доп. 56}. Датирование материалов на основании изменения атомных весов (к стр. 183) .....               | 489 |
| {Доп. 57}. Возможность обнаружения новых материалов (к стр. 184) .....                                  | 494 |
| {Доп. 58}. О том, как находились и расшифровывались менделеевские архивные материалы (к стр. 184) ..... | 496 |

## ДОПОЛНЕНИЕ К ГЛАВЕ VII

|                                                                                                         |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| {Доп. 59}. Первое «замыкание» двух смежных столбцов элементов в один непрерывный ряд (к стр. 206) ..... | 498 |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|

## ДОПОЛНЕНИЯ К ГЛАВЕ VIII

|                                                                                                                               |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| {Доп. 60}. Неиндуктивный характер открытия периодического закона (к стр. 241) .....                                           | 499 |
| {Доп. 61}. Нивелировка особенного, как ступени познания (к стр. 253) .....                                                    | —   |
| {Доп. 62}. Отрицание ступени особенного в открытии периодического закона (к стр. 255) .....                                   | 502 |
| {Доп. 63}. Некоторые ошибки, возникающие при отрицании ступени особенного в открытии периодического закона (к стр. 257) ..... | 508 |
| {Доп. 64}. Половинчатое решение вопроса о роли особенного в открытии периодического закона (к стр. 257) .....                 | 509 |

## ДОПОЛНЕНИЯ К ГЛАВЕ IX

|                                                                                                                 |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| {Доп. 65}. Соответствие расположения элементов по атомным весам их расположению по атомности (к стр. 280) ..... | 510 |
| {Доп. 66}. «Место» элемента в системе (к стр. 282) .....                                                        | 511 |
| {Доп. 67}. Недопустимость резкого деления элементов на металлы и неметаллы (к стр. 294) .....                   | —   |

## ДОПОЛНЕНИЯ К ГЛАВЕ X

|                                                                                                                                      |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| {Доп. 68}. Роль случайных совпадений в день открытия периодического закона (к стр. 302) .....                                        | 512 |
| {Доп. 69}. Критика идеалистической концепции научного творчества в ее применении к открытию периодического закона (к стр. 303) ..... | 513 |
| {Доп. 70}. «Пасьянс» — удачное название для раскладывания карточек элементов (к стр. 304) .....                                      | 517 |
| {Доп. 71}. Возможный источник идеи «пасьянса» (к стр. 315) .....                                                                     | 519 |
| {Доп. 72}. Характерные черты научного творчества, свойственные передовым ученым и проявившиеся у Менделеева (к стр. 319) .....       | 520 |
| {Доп. 73}. Ложная «концепция» о национальной исключительности ученых одной страны (к стр. 320) .....                                 | 523 |
| {Доп. 74}. О соотношении единичного, особенного и всеобщего в применении к явлениям общественной жизни (к стр. 329) .....            | 528 |
| {Доп. 75}. О ранних трудах Д. И. Менделеева, послуживших подготовкой к открытию периодического закона (к стр. 332) .....             | 529 |
| {Доп. 76}. Простое счастье или талант и труд? (к стр. 334) .....                                                                     | 531 |

## 4. СПИСОК ИЛЛЮСТРАЦИЙ

|                                                                                    |     |
|------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Д. И. Менделеев (1886 г.). С портрета работы Н. А. Ярошенко .....                  | 1   |
| Д. И. Менделеев. 1868 г. ....                                                      | 11  |
| Д. И. Менделеев. 1869 г. ....                                                      | 37  |
| Парадный вход в бывшую квартиру Д. И. Менделеева .....                             | 63  |
| Письменный стол Дм. Ив. в его рабочем кабинете.....                                | 93  |
| Старая химическая аудитория в Петербургском, ныне Ленинградском, университете..... | 133 |
| Конторка Д. И. Менделеева .....                                                    | 157 |
| Титульный лист 1-й части «Основ химии» (март 1869 г.).....                         | 185 |
| Титульный лист 2-й части «Основ химии».....                                        | 211 |
| Часть памятника Д. И. Менделееву в Ленинграде.....                                 | 275 |
| Д. И. Менделеев. 1904 г. ....                                                      | 299 |
| А. И. Ходнев .....                                                                 | 351 |
| Заглавная страница первой статьи о периодическом законе .....                      | 409 |
| Страница из «Журнала Русского химического общества» за 1869 г. ....                | 435 |
| Н. А. Мешуткин. 1868 г. ....                                                       | 437 |
| А. А. Иностранцев .....                                                            | 455 |

5. СПИСОК УПОТРЕБЛЯЕМЫХ  
В ЭТОЙ КНИГЕ ТЕРМИНОВ

*Атомность* — понятие, первоначально означавшее валентность, главным образом по водороду.

*«Безместные элементы»* — не нашедшие еще своего места в системе, а потому и не включенные еще в нее.

*Беловая полная таблица* — переписанная набело после «пасьянса» (см. фотокопию V, табл. 33 и 34).

*«Бесспорные» элементы* — см. «ясные» элементы.

*Вертикальная таблица* — таблица, в которой группы расположены столбцами (вертикально).

*Верхняя неполная табличка* — таблица, составленная в верхней половине отдельного листика бумаги (см. фотокопию III; табл. 11).

*Глиций* — старое название бериллия.

*Горизонтальная таблица* — таблица, в которой группы расположены в строчки (горизонтально).

*Двойные отношения* — отношения, существующие между полными и неполными аналогами, входящими в одну группу элементов.

*Длинная таблица* — таблица, в которой «длинные» (большие) периоды ставятся целиком, без их «сдваивания» (см.).

*Естественное место* — см. «окончательное место».

*Заметки на письме Ходнева* — сделанные на обратной стороне письма, полученного 17 февраля 1869 г. от А. И. Ходнева (см. фотокопию II; табл. 8а).

*Зигзагообразная последовательность* — такая, при которой наблюдаются возвраты к более ранним, менее точным значениям атомных весов после того, как Дм. Ив. начал уже оперировать их более точными значениями (см. табл. 34а).

- Карточки* — на них были написаны элементы с их атомными весами и главными свойствами (см. «пасьянс»).
- Клеточка* в изложении или открытии системы — исходное, простейшее отношение элементов, развитие которого приводит к развернутой системе.
- «Кучки»* — группы карточек, соответствующие различным категориям элементов и следующие одна за другой в том порядке, в каком сами карточки должны были поступать в «пасьянс» (см.).
- «Легкие» элементы* — те из «неясных» элементов (см.), у которых атомный вес был меньше 70.
- Метод восхождения* — способ мышления, отражающий движение познания от низшего к высшему, от простого к сложному.
- Нечетноатомные элементы* — элементы, у которых валентность имеет значение 1, 3, 5 или 7 (см. табл. 45а).
- Нечетные ряды* — ряды, которые в короткой таблице начинаются с Na, Cu, Ag, а впоследствии — Au.
- «Неясные» элементы* — часть хорошо изученных элементов, которые не находили сразу своего окончательного места в системе.
- Нижняя неполная табличка* — составленная в верхней половине отдельного листика бумаги (см. фотокопию III; табл. 17).
- Новый список* — список атомных весов, составленный при подготовке «пасьянса» (см. фотокопию III; табл. 21).
- Нормальная последовательность* — такая, при которой осуществлялось все возрастающее уточнение атомных весов без возврата к более ранним, менее точным их значениям (см. табл. 34а).
- Окончательное место* — то, которое соответствовало положению элемента в опубликованном «Опыте системы элементов».
- «Окрайны» системы* — см. периферия системы.
- «Опыт системы элементов»* — напечатанный в типографии отдельный листок, содержащий общий результат «пасьянса» (см. фотокопию XI; его рукопись см. на фотокопии V и табл. 33 и 34).
- Основные столбцы* — соответствующие малым периодам и несдвоенным большим периодам.
- Пай* — у Дм. Ив., как правило, означает атомный вес.
- «Пасьянс»* — раскладывание карточек всех элементов по их «значению» (атомному весу) и их «масти» (химическому сходству) с целью составления общей системы элементов.
- Первая проба* — первая попытка Дм. Ив. расположить элементы (в данном случае речь шла о «легких» элементах) в общий ряд по величине атомного веса. О ней говорится в «первой статье» (см.).
- Первая статья* — статья Дм. Ив. «Соотношение свойств с атомным весом элементов» (март 1869 г.).
- Поздний план 1868 г.* — план 2-й части «Основ химии», составленный во второй половине 1868 г. (см. фотокопию I; табл. 5).
- Поздний план 1869 г.* — план 2-й части «Основ химии», составленный вскоре после открытия периодического закона (см. фотокопию XII; табл. 48).
- Полная черновая таблица* — первое табличное выражение общего итога «пасьянса» (см. фотокопию IV; табл. 29).
- Промежуточные столбцы* — соответствующие средней части больших периодов после их сдвигания.

- Ранний план 1868 г.** — план 2-й части «Основ химии», составленный в середине 1868 г. (см. фотокопию I; табл. 3).
- Ранний план 1869 г.** — план 2-й части «Основ химии», составленный в начале 1869 г. (см. фотокопию XII; табл. 7).
- Рукописный столбец** — запись семи металлов, сделанная в вертикальном порядке (см. фотокопию I; табл. 6).
- Сдвигание рядов** — образование из одного большого периода двух рядов (полупериоды) с последующим помещением одного ряда над другим или перед другим.
- Смешанные группы** — образованные из полных и неполных аналогов.
- «Сомнительные» элементы** — малоисследованные элементы с не установленными точно атомными весами.
- Старый список** — список атомных весов, составленный в 1867/68 г., перед написанием «Основ химии» (см. табл. 1).
- Типические элементы** — легчайшие элементы, образующие два первых ряда в системе от H до Na.
- Типы** — см. «химические типы».
- «Тяжелые» элементы** — те из «неясных» элементов (см.), у которых атомный вес был больше 70.
- Узлы в ряду элементов** — три элемента, группирующиеся вокруг каждого щелочного металла, включая и его.
- Форма соединений** — общий тип соединения элементов, проявляющих одинаковую валентность.
- Частичная табличка** — составленная в ходе «пасьянса» из 11 элементов (трех семейств Fe, Pd и Pt и примыкающих к ним Cg и Mn).
- Черновая таблица** — см. «полная черновая таблица».
- Четноатомные элементы** — те, у которых валентность имела значение 2 или 4 (см. табл. 45а).
- Четные ряды** — ряды, которые в короткой таблице начинаются с Li, K, Rb и Cs, а первоначально и Tl.
- Химические типы** —  $H_2$  и четыре водородных соединения ( $HCl$ ,  $H_2O$ ,  $NH_3$ ,  $CH_4$ ), к которым, согласно позднейшей теории типов, сводятся в конечном счете все более сложные химические соединения.
- Химический пасьянс** — см. «пасьянс».
- Центральная часть системы** — часть, охватывающая 31 элемент от группы Са—Ва (сверху) до группы Cu—Ag (снизу) и от столбца Na—Be (слева) до столбца Ва—Ag (справа) (см. табл. 30).
- «Ясные» элементы** — 27 элементов, нашедших сразу «окончательное место» в таблице («пасьянсе») (см. табл. 22).

## 6. СПИСОК УСТАРЕЛЫХ СИМВОЛОВ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ

|                                           |                                     |
|-------------------------------------------|-------------------------------------|
| Bo = B (бор)                              | R, Ro = Rh (родий)                  |
| Di = Pr + Nd (смесь празеодима и неодима) | Rh = Ru (рутений), когда родий = Ro |
| Gl = Be (бериллий)                        | Ter = Tb (тербий)                   |
| Ni = Nb (ниобий, если рядом с Ta)         | Ur = U (уран)                       |
| Ph = P (фосфор)                           | Va, Wan = V (ванадий)               |
| Pl = Pd (палладий)                        | Wo, Volfr, Wolf = W (вольфрам)      |
|                                           | Yt = Y (иттрий)                     |

## 7. СПИСОК ЭЛЕМЕНТОВ, ИХ ГРУПП И СЕМЕЙСТВ

ИЗВЕСТНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ<sup>1</sup>:

|                         |               |                       |
|-------------------------|---------------|-----------------------|
| Ag (серебро)            | H (водород)   | Rb (рубий)            |
| Al (алюминий)           | Hg (ртуть)    | Rh (родий)            |
| As (мышьяк)             |               | Ru (рутений)          |
| Au (золото)             | In (индий)    |                       |
|                         | Ir (иридий)   | S (сера)              |
| B (бор)                 |               | Sb (сурьма)           |
| Ba (барий)              | J (йод)       | Se (селен)            |
| Be(бериллий,глиций)     |               | Si (кремний, силиций) |
| Bi (висмут)             | K (калий)     | Sn (олово)            |
| Br (бром)               |               | Sr (стронций)         |
|                         | La (лантан)   |                       |
| C (углерод)             | Li (литий)    | Ta (тантал)           |
| Ca (кальций)            |               | Tb («тербий»)         |
| Cd (кадмий)             | Mg (магний)   | Te (теллур)           |
| Ce (церий)              | Mn (марганец) | Th (торий)            |
| Cl (хлор)               | Mo (молибден) | Ti (титан)            |
| Co (кобальт)            |               | Tl (таллий)           |
| Cr (хром)               | N (азот)      |                       |
| Cs (цезий)              | Na (натрий)   | U (уран)              |
| Cu (медь)               | Nb (ниобий)   |                       |
|                         | Ni (никель)   | V (ванадий)           |
| Di («дидимий», «дидим») | O (кислород)  | W (вольфрам)          |
|                         | Os (осмий)    |                       |
| Er («эрбий»)            |               | Y (иттрий)            |
|                         | P (фосфор)    |                       |
| F (фтор)                | Pb (свинец)   | Zn (цинк)             |
| Fe (железо)             | Pd (палладий) | Zr(цирконий, циркон)  |
|                         | Pt (платина)  |                       |

ГРУППЫ И СЕМЕЙСТВА<sup>2</sup>

|                                                                         |                                                                                       |
|-------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Азота группа:</i> N, P, As, Sb; часто Bi; реже V.                    | <i>Галогиды:</i> (см. галогены).                                                      |
| <i>Алюминия группа:</i> (см. бора группа; см. также земельные металлы). | <i>Железа семейство:</i> Fe, Co, Ni; иногда Cr, Mn; реже U.                           |
| <i>Бора группа:</i> B; реже Al, Au; и еще реже Cr, Mo.                  | <i>Железная группа:</i> (см. железа семейство).                                       |
| <i>Ванадия группа:</i> V, Nb, Ta.                                       | <i>Железные металлы:</i> (см. железа семейство).                                      |
| <i>Гадолиниты:</i> (см. гадолинитовые металлы).                         | <i>Земельные металлы:</i> Al, Fe; иногда Be; реже Y, Ce (см. редкоземельные металлы). |
| <i>Гадолинитовые металлы:</i> Y, Er; реже Tb; еще реже Th.              | <i>Калия группа:</i> (см. щелочные металлы).                                          |
| <i>Галогены:</i> F, Cl, Br, J.                                          | <i>Кальция группа:</i> (см. щелочноземельные металлы).                                |

<sup>1</sup> В кавычках стоят смеси редкоземельных элементов, которые считались тогда самостоятельными элементами.

<sup>2</sup> См. также [доп. 10].



*Кислорода группа:* O, S, Se, Te.  
*Кремния группа:* Si, Ti, Zr; иногда Th (см. углерода группа).  
*Лития группа:* (см. щелочные металлы).  
*Магния группа:* Mg, Zn, Cd; иногда Hg.  
*Меди группа:* Cu, Ag; часто Hg, иногда H; реже Au.  
*Молибдена группа:* Mo, W; иногда Cr, реже U.  
*Мышьяка группа:* (см. азота группа).  
*Натрия группа:* (см. щелочные металлы).  
*Ниобия группа:* Nb, Ta; иногда V.  
*Палладия семейство:* Pd, Rh, Ru.  
*Платиновые металлы:* (см. платины и палладия семейства).  
*Платины семейство:* Pt, Os, Ir; иногда Au.  
*Редкоземельные металлы:* (см. гадолиниевые и церитовые металлы).

*Серебра группа:* (см. группа меди); иногда только Ag, Au.  
*Серы группа:* S, Se, Te, Mo, W (см. кислорода группа).  
*Титана группа:* Ti, Zr; иногда Ce, Th.  
*Тяжелых металлов семейство:* Tl, Pb, Bi; иногда Au, Hg.  
*Углерода группа:* C, Si, Sn; реже Pb; еще реже Ti, Zr.  
*Фосфора группа:* P, As, Sb, V, Nb, Ta (см. азота группа).  
*Фтора группа:* (см. галогены).  
*Хлора группа:* (см. галогены).  
*Хрома группа:* Cr, Mo, W; иногда U.  
*Цериты:* (см. церитовые металлы).  
*Церитовые металлы:* Ce, La, Di.  
*Цинка группа:* Zn, Cd; часто Mg; реже Hg, Be; еще реже In и редкоземельные металлы.  
*Щелочноземельные металлы:* Ca, Sr, Ba; иногда Pb; реже Mg, еще реже Be.  
*Щелочные металлы:* Li, Na, K, Rb, Cs; иногда Tl.

## ПРЕДПОЛАГАВШИЕСЯ ЭЛЕМЕНТЫ:

$x = 2$ ; (будущий гелий)  
 $? = 3$ ; (мнимый галлоид)  
 $? = 8$ ; (мнимый элемент)  
 $? = 18$ ;  $? = 22$ ; (мнимый элемент)  
 $x = 20$ ; (будущий неон)  
 $x = 36$ ; (будущий аргон)  
 $? = 45$ ; (будущий скандий)

$? = 68$ ; (будущий галлий)  
 $? = 70$ ;  $x = 72$ ; (будущий германий)  
 $? = 103$ ; (будущий технеций)  
 $? = 180$ ; (будущий гафний)  
 $? = 187$ ; (будущий рений)  
 $? = 220, 222, 226$ ; (будущий астатий)

## 8. СПИСОК ОБОЗНАЧЕНИЙ

- [Be] В квадратные скобки ставится то, что было вычеркнуто Дм. Ив. в рукописи или не включено в таблицу при ее доработке или публикации.
- {K} В фигурные скобки ставится то, что введено редакцией при расшифровке записей Дм. Ив., как нечто явно подразумевающееся.
- И* Курсивом отмечаются элементы, которые до этого были уже включены в данную или предыдущую таблицу, но потом оказались передвинутыми на новые места.
- Ca** Жирным шрифтом отмечаются элементы, включаемые вновь в таблицу, и атомные веса, исправляемые или вводимые вновь.
- It** Мелким шрифтом отмечены элементы, не вставшие еще на свои окончательные места.

9. СПИСОК И ОБЩАЯ СХЕМА ВАРИАНТОВ СИСТЕМЫ<sup>1</sup>

- 1 «Опыт системы элементов» (см. фотокопии V и XI) — горизонтальный, длинный, не «поляризованный» (полярные группы — галоиды и щелочные металлы — сближены); составлен 17 февраля, исправлен не позднее 28 февраля; это исходный вариант; от него — непосредственный переход к вариантам (1а) и (16), (2) и (8), (4) и (7), (5), (10) (*Смр. 104*).
- 1а (См. первую статью) — один общий прямой столбец, или ряд, элементов, расположенных по величине атомных весов; составлен между 18 и 28 февраля; образуется из (1) путем вытягивания элементов в одну шеренгу; этим способом может быть получен из любого другого варианта; от (1а) можно перейти к вариантам (16), (6), (11). Частичное развитие (1а) получил весной 1869 г. [8, 84—85] (*Смр. 110—111*).
- 16 (См. фотокопию IX) — два прямых столбца (или ряда) элементов четной и нечетной атомности, расположенных в каждом столбце (ряде) по величине атомных весов; составлен между 18 и 28 февраля; образуется из (1) путем вытягивания в два столбца или из (1а) путем сдвигания общего ряда (*Смр. 110*).
- 2 (См. фотокопию VI) — горизонтальный, короткий, «поляризованный» (полярные группы — галоиды и щелочные металлы — раздвинуты и поставлены по краям таблицы); составлен до корректурной правки «Опыта» (родий—Ro); образуется из (1) путем сдвигания длинных рядов (больших периодов) и раздвижения полярных групп; от (2) можно перейти к (3) и (3а), к (6), а также путем обратного построения длинных рядов к (7). Частичное развитие (2) получил осенью 1870 г. [8, 107] (*Смр. 103—104*).
- 3 (См. фотокопию VII) — вертикальный, короткий, «поляризованный»; это наиболее совершенный из всех приведенных вариантов; составлен до правки «Опыта» (родий—Ro); образуется из (2) путем двойного поворота; от (3) можно перейти к (4), учитывая при этом разности в атомных весах Δ. Дальнейшее развитие (3) получил в октябре 1869 г. [2, 33] и полное завершение в ноябре 1870 г. [8, 184—185], в феврале 1871 г. [2, 54] и июле — августе 1871 г. [8, 369]; в итоге этот вариант превратился в классическую менделеевскую («короткую») периодическую систему элементов.
- 3а (См. фотокопию VIII) — вертикальный, короткий, «поляризованный»; составлен после правки «Опыта» (родий—Rh); образуется из (2) как видоизменение (3) путем постановки Се около семейства Pl; при расположении элементов по кривой зависимости атомных объемов от атомного веса (3а) приводит к (11). Частичное развитие (3а) получает в июне 1869 г. [8, 86—87] и осенью 1870 г. [8, 110—111] (*Смр. 109—110*).
- 4 (См. табл. 46) — горизонтальный, длинный, «поляризованный»; составлен между 18 и 28 февраля при написании первой статьи; образуется из (1) путем раздвижения полярных групп с разрыванием (растягиванием) малых периодов; разности атомных весов заимствуются из (3); при дополнительном включении Се около Pl приводит к (9). Частичное развитие и завершение (со снятием Се с указанного места) (4) получает в июле—августе 1871 г. [8, 368] (*Смр. 115—116*).
- 5 (См. первую статью) — кубический, объемный; образуется, по-видимому, из (1), но неизвестно, каким способом (*Смр. 116—117*).

<sup>1</sup> Ниже в скобках курсивом обозначены страницы данной книги, на которых названы соответствующие варианты системы. Варианты (1а), (16) и (3а) рассматриваются в книге без особой нумерации, как следствия простого преобразования соответствующих таблиц, представленных вариантами (1) или (3).

- 6 (См. первую статью) — спиральный; составлялся между 18 и 28 февраля; образуется из (2) путем замыкания длинных рядов через семейства будущей 8-й группы; может образоваться из (1а) путем винтообразного закручивания общего прямого ряда элементов. Частично (6) разрабатывался летом 1871 г. [8, 220—221] (Смр. 117—118).
- 7 (См. табл. 47) — горизонтальный, длинный, «поляризованный»; составлен между 18 и 28 февраля при написании первой статьи; образуется из (2) путем обратного построения длинных рядов с постановкой первого малого периода (Li—F) над вторым (Na—Cl) в один столбец; может образоваться непосредственно из (1), а также из (4), но без растягивания (растягивания) малых периодов (Смр. 118—119).
- 8 (См. фотокопию X) — горизонтальный, короткий, не «поляризованный»; составлен между 18 и 28 февраля; образуется, так же как и (2), из (1) путем сдвигания длинных рядов (больших периодов), но с сохранением контакта между полярными группами (Смр. 123—124).
- 9 (См. первую статью) — горизонтальный, длинный, «поляризованный», с постановкой Se около семейства P1; составлен между 18 и 28 февраля; образуется из (4) путем добавления Se согласно (3а) (Смр. 126).
- 10 (См. первую статью) — неизвестного вида с расщеплением сходства элементов по двум линиям (или направлениям) — вертикальному и горизонтальному; образуется, по-видимому, из (1), но неизвестно, каким способом (Смр. 129).
- 11 (См. фотокопию Ха) — волнообразная (или зигзагообразная) кривая; графическое выражение расположения элементов по величине атомного веса (абсцисса) и значению другого измеримого свойства (ордината); идея об (11) возникла в самом конце февраля; (11) образуется из (1а) путем изгибания общего ряда, а также, в частности, при выражении зависимости атомных объемов от атомного веса — из (3а) путем расположения элементов по кривой линии (Смр. 135).

*Пояснение к общей схеме вариантов системы.* Приведенная здесь схема показывает последовательность образования одних вариантов системы из других и, в конечном счете, из варианта (1), как исходного; в схеме приняты следующие обозначения:

Набранные жирным шрифтом римские цифры означают №№ фотокопий, на которых представлены соответствующие варианты; двузначные жирные числа — №№ таблиц; буква «Ж» — первую статью Дм. Ив. о периодическом законе, опубликованную в «Ж. Р. Х. О.»; светлые цифры (в скобках) — номера вариантов.

Стрелки указывают последовательность образования различных вариантов путем преобразования исходного «Опыта системы элементов». Жирные стрелки означают, что данное направление получило у Дм. Ив. дальнейшее развитие, пунктирные стрелки — что оно осталось у него неразработанным. Вдоль стрелок или около них указаны основные приемы, с помощью которых осуществляется преобразование одного варианта в другой.

«Полюса» означают полярно-противоположные группы галлоидов и щелочных металлов. «Двойной поворот» означает, что при переходе от горизонтальной таблицы к вертикальной производится поворот на 45° и одновременно переход к ее зеркальному изображению. «Учет Δ» означает учет разностей в атомных весах у элементов, расположенных согласно периодической системе. «+Se» означает дополнительное включение церия или всего семейства Se около семейства P1. Знак «?» означает, что неизвестен способ перехода к данным вариантам.

Все 11+3=14 вариантов были составлены Менделеевым в течение двух недель (с 17 февраля по 2 или 3 марта 1869 г.).



## ИМЕННОЙ УКАЗАТЕЛЬ

### А

- Авдеев И. В.* — русский химик, горный инженер середины XIX в., предшественник Дм. Ив. в области изучения бериллия. — 142, 246.  
*Авогадро А.* — итальянский ученый XIX в., выдвинувший в 1811 г. молекулярную гипотезу. — 14.  
*Азафшин Н. П.* — советский химик-педагог. — 470, 471, 482, 508, 509, 518.  
*Аксаков К. С.* — русский публицист середины XIX в., славянофил. — 317.  
*Альтшулер С. В.* — советский автор популярных брошюр по истории химии. — 443.  
*Аристотель* — великий древнегреческий философ, систематизатор античной науки. — 239, 309, 524.  
*Ария С. М.* — советский химик. — 462.

### Б

- Балезин С. А.* — советский химик-педагог. — 523, 528.  
*Белинский В. Г.* — великий русский мыслитель XIX в. — 318.  
*Берссон А.* — реакционный французский мыслитель первой половины XX в., создатель современной философии интуитивизма. — 458, 514.  
*Бернал Дж.* — современный английский физик, автор трудов по истории науки. — 303, 326, 327, 333.  
*Берцелиус И. Я.* — выдающийся шведский химик первой половины XIX в. — 216, 257, 295, 296, 525, 526.  
*Блох М. А.* — советский ученый первой половины XX в., историк химии. — 513—517.  
*Бор Н.* — великий датский физик-теоретик XX в. — 526.  
*Браунер Б. Ф.* — выдающийся чешский химик конца XIX — первой трети XX в., друг и соратник Дм. Ив. — 170—173, 328, 462.  
*Бунзен Р.* — немецкий химик середины и второй половины XIX в. — 328, 399.  
*Бутлеров А. М.* — великий русский химик-органик середины и второй половины XIX в. — 257, 258, 318, 320, 526.

### В

- Вальден П. И.* — современный физико-химик и историк химии — 334.  
*Вант-Гофф Я.* — голландский химик-материалист второй половины XIX — начала XX в. — 526.

- Верецагин Н. В.* — организатор артельных сыроварен в 60-х годах XIX в., единомышленник Дм. Ив. в этой области; брат известного русского художника В. В. Верецагина. — 34, 149, 349, 350, 447, 495, 533.
- Верн Жюль* — французский писатель XIX в., автор научно-фантастических романов. — 515.
- Воскресенский А. А.* — химик XIX в., «дедушка русской химии», учитель Дм. Ив. в Главном педагогическом институте в Петербурге. — 329, 330.

## Г

- Галилей Г.* — великий итальянский физик конца XVI — начала XVII в. — 523, 526.
- Гегель Г. Ф. В.* — великий немецкий философ конца XVIII — первой трети XIX в., диалектик-идеалист. — 205, 215, 245, 499, 502, 524, 526.
- Герцен А. И.* — великий русский материалист XIX в. — 318, 323.
- Гиббс Дж. У.* — американский физико-химик второй половины XIX — начала XX в. — 526.
- Гребнер Г. Э.* — советский киносценарист, автор сценария о Дм. Ив. — 444, 445, 463.
- Грязнов В. М.* — советский химик, автор киносценария «Тайна вещества», в котором освещается история открытия периодического закона. — 463.
- Гьельм Э.* — финский химик-органик последней четверти XIX — первой четверти XX в., историк химии. — 315.

## Д

- Дальтон (Долтон) Дж.* — великий английский химик конца XVIII — первой половины XIX в. — 247, 257, 326, 525, 526, 527.
- Данте А.* — великий итальянский поэт конца XIII — начала XIV в. — 459.
- Дарвин Ч.* — великий английский биолог XIX в., создатель эволюционного учения. — 322, 524, 526.
- Деберейнер И. В.* — немецкий химик первой половины XIX в., составил первые триады элементов. — 216, 464.
- Декарт Р.* — великий французский философ, физик и математик первой половины XVII в. — 524, 526.
- Добролюбов Н. А.* — великий русский материалист XIX в. — 318, 321.
- Добротин Р. Б.* — советский химик, один из участников разработки научного наследия Дм. Ив. — 332, 529, 530.
- Друс Дж.* — английский химик первой половины и середины XX в., автор биографических очерков о чешских химиках. — 170.
- Дэви Г.* — английский химик и физик конца XVIII и первой трети XIX в. — 326.
- Дюлонг П. Л.* — французский физик и химик первой половины XIX в., открывший вместе с Пти в 1819 г. закон постоянства произведения удельной теплоты на атомный вес металла («атомной теплоемкости»). — 27.
- Дюма Ж. Б.* — выдающийся французский химик XIX в., с которым лично был знаком Дм. Ив. Его идеи о классификации элементов повлияли на Дм. Ив. — 263, 271—273, 463.

## Ж

- Жданов А. А.* — выдающийся советский политический деятель. — 336.  
*Жерар Ш.* — выдающийся французский химик середины XIX в.; восстановил и развил молекулярную гипотезу в химии. — 14, 258, 315, 519, 526, 527.

## З

- Зинин Н. Н.* — русский химик-органик, экспериментатор середины XIX в. — 328.

## И

- Иностранцев А. А.* — русский геолог второй половины XIX — начала XX в., близкий знакомый Дм. Ив. — 5, 39, 157, 159—164, 354, 453—455, 457, 460, 495, 538, 540.  
*Иониди П. П.* — советский химик и философ. — 458.

## К

- Канниццаро С.* — итальянский химик второй половины XIX — начала XX в., защитник молекулярного учения. — 526.  
*Кант И.* — немецкий философ и натуралист второй половины XVIII — начала XIX в. — 524, 526.  
*Капустина-Губкина Н. Я.* — племянница Дм. Ив. — 316, 519.  
*Капустинский А. Ф.* — советский физико-химик, историк химии. — 441, 442.  
*Карповиц Э.* — советский философ и химик, автор диссертации о философских взглядах Дм. Ив. — 471—477, 481, 482, 509, 510.  
*Кекуле А.* — выдающийся немецкий химик-органик середины и второй половины XIX в., один из участников подготовки теории строения органических соединений. — 258.  
*Кесслер К. Ф.* — ректор Петербургского университета в конце 60-х годов XIX в. — 35, 147.  
*Колесников А. Л.* — советский автор научно-популярных брошюр. — 443, 469, 482, 508.  
*Корф* — русский помещик. — 447.  
*Косенко З.* — советский автор, пишущий по вопросам физиологии и высшей нервной деятельности. — 458, 459.  
*Креммер П.* — немецкий химик середины XIX в., занимался вопросом классификации химических элементов. — 45, 46, 262.  
*Кристовурыян Н. Г.* — советский философ, логик. — 499—501.  
*Кудрявцева Т. С.* — советский историк, активно участвует в разработке научного наследия и биографии Дм. Ив. — 8.  
*Кузнецов Б. Г.* — советский историк естествознания. — 444.  
*Куинджи А. И.* — русский художник-пейзажист второй половины XIX — начала XX в. — 316.  
*Курбатов В. Я.* — советский химик, автор трудов о периодическом законе и очерков биографии Дм. Ив. — 384, 385, 390, 391, 444, 495, 496.  
*Куторга С. С.* — русский минералог XIX в., руководивший первыми работами студента Менделеева в Главном педагогическом институте в Петербурге. — 329.

## Л

- Лавуазье А. Л.* — великий французский химик конца XVIII в., реформатор и систематизатор химии. — 216, 333, 525, 526.



- Лапшин И. И.* — русский философ-идеалист конца XIX — начала XX в. — 160—162, 164, 459.
- Ленин Владимир Ильич.* — 193, 205, 238, 239, 259, 274, 308—310, 313, 315, 316, 501, 502.
- Ленсен* — немецкий химик середины XIX в.; пытался создать общую систему элементов. — 260—263, 266, 271, 272.
- Леонардо да Винчи* — великий итальянский ученый и художник конца XV — начала XVI в. — 524, 526.
- Лобачевский Н. И.* — великий русский математик первой половины и середины XIX в. — 318.
- Ломоносов М. В.* — великий русский ученый середины XVIII в. — 318, 320, 322.

## М

- Маркевич С. В.* — советский химик. — 462.
- Маркс Карл.* — 193, 259, 303, 325, 333, 502.
- Мезенцев В. А.* — советский автор научно-популярных книг. — 462.
- Мейер Л.* — немецкий химик второй половины XIX в., приближавшийся в 60-х годах XIX в. к открытию периодического закона; в философии склонялся к субъективизму и механицизму. — 131, 265, 266, 269, 271, 289, 445, 482.
- Менделеев И. Д.* — сын Дм. Ив. от второго брака, работал в области социологии; оставил воспоминания о своем отце. — 166.
- Менделеева-Кузьмина М. Д.* — дочь Дм. Ив. от второго брака; до лета 1952 г. (время ее кончины) возглавляла Музей-архив Д. И. Менделеева при ЛГУ; много сделала для разработки научного наследия своего отца. — 8, 13, 184, 496—498.
- Менделеева-Капустина Е. И.* — старшая сестра Дм. Ив. — 519.
- Меншуткин Б. Н.* — советский физико-химик первой половины XX в., историк химии; сын Н. А. Меншуткина. — 153, 154, 441.
- Меншуткин Н. А.* — русский химик второй половины XIX — начала XX в., активный деятель Русского химического общества и бессменный редактор его журнала; близко соприкасался с Дм. Ив. по работе в этом Обществе и Петербургском университете. — 5, 92, 131, 146, 153, 154, 435, 437, 441—446, 451, 452, 495, 540.
- Михайленко Я. И.* — советский химик конца XIX — первой половины XX в. — 511.
- Младенцев М. Н.* — советский ученый первой половины XX в., сотрудничал с Дм. Ив. в Главной палате мер и весов, впоследствии работал в Музее Д. И. Менделеева при Институте метрологии в Ленинграде. — 445, 446, 531.

## Н

- Нечаев И.* — советский автор популярных книг по истории науки. — 458.
- Ньюлендс Дж. А.* — английский химик второй половины XIX в.; приближался в 60-х годах XIX в. к открытию периодического закона и сформулировал в 1866 г. «закон октав», в философии склонялся к скептицизму Юма — 251, 267—271, 329, 445.
- Ньютон И.* — великий английский физик и математик конца XVII — начала XVIII в. — 325, 524, 526, 527.

## О

- Одлинг У.* — английский химик середины XIX в., автор ряда курсов химии. — 263—266.
- Огаровская О. Э.* — сотрудник Дм. Ив в конце XIX — начале XX в. по Главной палате мер и весов, автор воспоминаний о Дм. Ив. — 332—335.

## II

- Павлов И. П.*— великий русский физиолог.— 458, 459.  
*Петтенкофер М.*— немецкий химик середины XIX в., занимался классификацией химических элементов.— 269, 271.  
*Пирсон К.*— английский математик и философ-махист конца XIX — первой половины XX в.— 514.  
*Писарев Д. И.*— русский философ-материалист XIX в.— 309, 310.  
*Писаржевский О. Н.*— советский автор научно-популярных работ, в частности по истории периодического закона, автор биографического очерка о Дм. Ив.— 460, 462.  
*Плеханов Г. В.*— известный русский марксист.— 303.  
*Погодин С. А.*— советский физико-химик и историк химии.— 166.  
*Пти А. Т.*— французский ученый первой половины XIX в.— 27.  
*Пуанкаре А.*— французский математик и философ-идеалист конца XIX — начала XX в.— 517.  
*Пушкин А. С.*— великий русский поэт.— 459.

## P

- Рабинович Е.*— немецкий физико-химик XX в. (из Геттингена), писал о периодической системе элементов.— 268, 269.  
*Раковский А. В.*— советский физико-химик первой половины XX в.— 252, 327, 499.  
*Ремезова А. В.*— советский автор работ по вопросам естествознания.— 458, 459.  
*Роско Г.*— английский химик-неорганик второй половины XIX в., исследователь редких металлов.— 120, 227, 382, 384.

## C

- Савченков Ф. Н.*— русский химик середины XIX в., историк химии, а также переводчик.— 263, 265.  
*Серов Н. С.*— сначала общинный крестьянин, впоследствии владелец имения (в 4 верстах от г. Бежецка), где разводился молочный скот.— 349.  
*Сеченов И. М.*— великий русский физиолог второй половины XIX — начала XX в.— 318, 326.  
*Скворцов А. В.*— бывший личный секретарь Дм. Ив. в начале XX в. в Главной палате мер и весов в Петербурге, автор биографических очерков и воспоминаний о Дм. Ив.— 8, 448.  
*Советов А. В.*— русский агроном, один из руководителей Вольного экономического общества в Петербурге в 60-х годах XIX в.— 448, 452.  
*Степанов Б.*— советский автор популярных брошюр по истории науки.— 312, 443, 462, 517.

## T

- Тайх М.*— современный чешский химик и историк химии.— 462.  
*Тило Э.*— немецкий физико-химик XX в. (из Берлина), писал о периодической системе элементов.— 268, 269.  
*Тимирязев К. А.*— русский ученый конца XIX — первой четверти XX в., дарвинист и материалист.— 274, 326.  
*Тищенко В. Е.*— советский химик первой половины XX в., в юности лаборант у Дм. Ив.; написал совместно с Младенцевым биографию Дм. Ив.— 531.  
*Трирогова-Менделеева О. Д.*— дочь Дм. Ив. от первого брака.— 453.  
*Тургенев И. С.*— известный русский писатель.— 317—319.

## Ф

- Фарадей М.* — великий английский физик и химик второй трети XIX в. — 326, 527.
- Фейербах Л.* — немецкий философ-материалист середины XIX в. — 315.
- Ферман А. Е.* — советский геохимик первой половины XX в.; много внимания уделял развитию менделеевского научного наследия. — 62, 286, 295, 304, 306, 511.
- Флавицкий Ф. М.* — русский химик конца XIX — начала XX в. — 178.
- Фостер* — английский физик второй половины XIX — начала XX в.; примыкал к эмпирическому направлению. — 329.
- Франкленд Э.* — английский химик-органик второй половины XIX в.; один из участников подготовки теории строения органических соединений. — 258, 326.

## Х

- Ходаков Ю. В.* — советский химик и педагог. — 462.
- Ходнев А. И.* — русский химик второй половины XIX в., секретарь Вольного экономического общества в 60-х годах XIX в. — 39, 41—43, 45—48, 52, 53, 79, 142, 161, 168, 174, 175, 177, 182, 196, 197, 200, 205, 226, 285, 304, 306, 307, 311, 312, 319, 350, 351, 353—356, 358, 363, 365, 372, 376—380, 450, 454, 457, 461, 473, 485, 486, 491, 492, 495, 532, 540.
- Хомяков К. Г.* — советский химик-неорганик, профессор Московского университета. — 460—470, 481, 482, 498, 499, 502, 503, 505—508, 510.

## Ц

- Ценковский Л. С.* — русский ученый второй половины XIX в. — 326.

## Ч

- Ченцова Т. Н.* — советский химик и философ середины XX в., активный участник разработки научного наследия Дм. Ив. — 8, 480.
- Чернышевский Н. Г.* — великий русский мыслитель-материалист XIX в. — 318.

## Ш

- Шанкуртуа Б.* — французский ученый середины XIX в.; приближался к открытию периодического закона; располагал элементы вдоль винтовой линии, намотанной на поверхность цилиндра. — 268—271.
- Шостын Н. А.* — советский метролог, изучавший труды Дм. Ив. по метрологии. — 517.
- Штреккер А.* — немецкий химик середины XIX в., занимался классификацией химических элементов. — 270, 271.

## Щ

*Щукарев С. А.* — советский химик, профессор Ленинградского университета, руководит кафедрой, которую в свое время возглавлял Дм. Ив.; автор многих работ, посвященных периодической системе элементов и ее истории. — 317, 318, 332.

## Э

*Энгельс Фридрих.* — 214, 215, 237, 245, 253, 291, 322, 325, 325, 478, 499, 502, 524.

*Эрберг* — психолог-интуитивист. — 516.

## Я

*Ярошенко Н. А.* — русский художник-передвижник (вторая половина XIX в.), автор портрета Дм. Ив. 1886 г. — 453, 540.

## УКАЗАТЕЛЬ ОТСЫЛОК НА ЦИТИРУЕМУЮ ЛИТЕРАТУРУ

### НА ТРУДЫ Д. И. МЕНДЕЛЕЕВА

1. *Д. И. Менделеев*, Основы химии, изд. 8, Спб. 1906.
- 1а. *Д. И. Менделеев*, Два Лондонских чтения, изд. 2, Спб. 1895.
- 1б. *Д. И. Менделеев*, Сочинения, т. I, Госхимтеоретиздат, Л. 1937.
2. *Д. И. Менделеев*, Избранные сочинения, т. II, Госхимтехиздат, 1934.
- 2а. *Д. И. Менделеев*, Избранные сочинения, т. III, Госхимтехиздат, 1934.
3. *Д. И. Менделеев*, Сочинения, т. XIII, изд. АН СССР, Л.—М. 1949.
4. *Д. И. Менделеев*, Сочинения, т. XIV, изд. АН СССР, Л.—М. 1949.
- 4а. *Д. И. Менделеев*, Сочинения, т. XV, изд. АН СССР, Л.—М. 1949.
5. *Д. И. Менделеев*, Сочинения, т. XVI, изд. АН СССР, Л.—М. 1951.
- 5а. *Д. И. Менделеев*, Сочинения, т. XXIV, изд. АН СССР, Л.—М. 1954.
- 5б. *Д. И. Менделеев*, Сочинения, т. XIX, изд. АН СССР, М.—Л. 1950.
6. *Д. И. Менделеев*, Новые материалы по истории открытия периодического закона, изд. АН СССР, М.—Л. 1950.
7. «Архив Д. И. Менделеева. Автобиографические материалы». Сборник документов, т. I, Л. 1951.
8. *Д. И. Менделеев*, Научный архив, т. I, изд. АН СССР, 1953.

### НА ЖУРНАЛЫ И СБОРНИКИ (НА РУССКОМ ЯЗЫКЕ)

9. «Журнал Русского химического общества», т. I, вып. 2 и 3, Спб. 1869.
- 9а. «Журнал Русского физико-химического общества», т. XXVI, вып. 2, Спб. 1894.
10. «Материалы по истории отечественной химии». Сборник докладов на Втором Всесоюзном совещании по истории отечественной химии, изд. АН СССР, М. 1953.
11. «Вопросы философии» № 1, 1947 г.
- 11а. «Вопросы философии» № 1, 1948 г.
- 11б. «Вопросы философии» № 6, 1954 г.
12. «Периодический закон Д. И. Менделеева и его философское значение». Сборник статей, Госполитиздат, 1947
13. «Д. И. Менделеев — великий русский химик». Сборник статей, изд. «Советская наука», М. 1949.
- 13а. «Наука и жизнь» № 3, 1949 г.
14. «Научное наследство», т. 2, изд. АН СССР, М. 1951.

- 14а. «Вестник высшей школы» № 2, 1948 г.
15. «Вестник Московского университета» № 12, 1953 г.
16. «Вестник Ленинградского университета» № 2, 1946 г.
17. «Вестник Ленинградского университета» № 2, 1954 г.
18. «Семейная хроника в письмах матери, отца, брата, сестер, дяди Д. И. Менделеева. Воспоминания о Д. И. Менделееве его племянницы Н. Я. Губкиной (урожд. Капустиной)», Спб. 1908?
19. «Вестник Академии наук СССР» № 1, 1957 г.
20. «Вестник Академии наук СССР» № 2, 1957 г.
21. «Успехи физических наук», т. XLVII, вып. 1, М.—Л. 1952 г.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

|                       |   |
|-----------------------|---|
| Предисловие . . . . . | 5 |
|-----------------------|---|

### Часть первая

## ФАКТИЧЕСКИЙ ХОД ОТКРЫТИЯ

|                                                                |   |
|----------------------------------------------------------------|---|
| 17 февраля 1869 г. ( <i>Историческое изложение</i> ) . . . . . | 9 |
|----------------------------------------------------------------|---|

|                                                                       |    |
|-----------------------------------------------------------------------|----|
| Глава I. НАКАНУНЕ ДНЯ ОТКРЫТИЯ («Основы химии» и сыроварии) . . . . . | 13 |
|-----------------------------------------------------------------------|----|

1. Как шла подготовка открытия периодического закона (Работа над «Основами химии» в 1868 г.) . . . . . 14
2. Как Менделеев вплотную приблизился к своему открытию (Работа над «Основами химии» в начале 1869 г.) . . . . . 22
3. Что собирался делать Менделеев 17 февраля 1869 г.? (Обследование артельных сыроварен) . . . . . 34

|                                                                                        |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Глава II. ДЕНЬ ОТКРЫТИЯ. ПЕРВАЯ ПОЛОВИНА (Нахождение принципа. Первые пробы) . . . . . | 39 |
|----------------------------------------------------------------------------------------|----|

1. С чего и как началось открытие периодического закона? (Нахождение исходного принципа. Первые заметки на письме Ходнева) . . . . . —
2. Начало табличной разработки центральной части будущей системы элементов (Верхняя неполная табличка) . . . . . 47
3. Возникновение трудностей в ходе дальнейшей разработки будущей системы элементов (Нижняя неполная табличка) . . . . . 55

|                                                                            |    |
|----------------------------------------------------------------------------|----|
| Глава III. ДЕНЬ ОТКРЫТИЯ. ВТОРАЯ ПОЛОВИНА («Химический пасьянс») . . . . . | 62 |
|----------------------------------------------------------------------------|----|

1. Подготовка «химического пасьянса». (Список атомных весов. Карточки элементов) . . . . . 71
2. Начало «химического пасьянса». (Первые две кучки карточек. Периферийная часть системы) . . . . . 78
3. Окончание «химического пасьянса». (Последние две кучки карточек. Полная черновая таблица элементов) . . . . . 84
4. Подытоживание «химического пасьянса». («Опыт системы элементов») . . . . . 89



|                                                                                                                            |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Глава IV. ПОСЛЕ ДНЯ ОТКРЫТИЯ. КОНЕЦ ФЕВРАЛЯ.<br>(Первая статья: «Соотношение свойств с атомным весом элементов») . . . . . | 92  |
| 1. Подготовка статьи . . . . .                                                                                             | 95  |
| 2. Составление рукописных вариантов системы элементов для первой статьи . . . . .                                          | 103 |
| 3. Разбор вариантов системы элементов в первой статье . . . . .                                                            | 110 |
| 4. Выводы из статьи . . . . .                                                                                              | 130 |

|                                                                                                               |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Глава V. ПОСЛЕ ДНЯ ОТКРЫТИЯ. НАЧАЛО МАРТА (Сыроварни, «Основы химии» и Русское химическое общество) . . . . . | 132 |
| 1. Рассылка листка с «Опытом системы элементов». Вставки в 1-ю часть «Основ химии» . . . . .                  | —   |
| 2. Доработка плана и очередные главы 2-й части «Основ химии» . . . . .                                        | 138 |
| 3. Доклад в Русском химическом обществе и поездка на сыроварни. (Еще две развешенные легенды) . . . . .       | 146 |

### *Часть вторая*

## АНАЛИЗ ХОДА И РЕЗУЛЬТАТОВ ОТКРЫТИЯ 17 февраля 1869 г. (*Логический разбор*)

|                                                                                                        |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Глава VI. ДЕНЬ ОТКРЫТИЯ В СВЕТЕ РАЗЛИЧНЫХ ИСТОЧНИКОВ (Развешенные легенды) . . . . .                   | 159 |
| 1. Как было сделано открытие? (Во сне или наяву?) . . . . .                                            | 160 |
| 2. Что было открыто сначала? (Закон или система?) . . . . .                                            | 165 |
| 3. Как сопоставлялись элементы? (Группами или в общем ряду?) . . . . .                                 | 169 |
| 4. Почему неправильно включались «сомнительные» элементы? (Преднамеренно или по недосмотру?) . . . . . | 179 |
| 5. Датирование основных документов. (Как устанавливается последовательность записей?) . . . . .        | 181 |

|                                                                                                  |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Глава VII. КАК ПРИМЕНЯЛСЯ МЕТОД НАУЧНОГО ПОЗНАНИЯ В ПРОЦЕССЕ ОТКРЫТИЯ . . . . .                  | 187 |
| А. МЕТОД ВОСХОЖДЕНИЯ (Ключ к открытию) . . . . .                                                 | —   |
| 1. Менделеев о методе научного познания . . . . .                                                | 188 |
| 2. Исходный пункт открытия. («Клеточка» научного открытия) . . . . .                             | 194 |
| 3. Общий ход разворачивающегося открытия. (Восхождение от «клеточки» к развитой форме) . . . . . | 200 |

|                                                                                                |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Глава VIII. КАК ПРИМЕНЯЛСЯ МЕТОД НАУЧНОГО ПОЗНАНИЯ В ПРОЦЕССЕ ОТКРЫТИЯ (Продолжение) . . . . . | 213 |
| Б. МЕТОД ОБОБЩЕНИЯ (Путь к открытию закона) . . . . .                                          | —   |
| 1. От особых групп к общей системе. (Переход от особенного ко всеобщему) . . . . .             | 214 |

2. Соотношение различных сторон развития научной мысли, различных логических приемов в методе обобщения. (Анализ и синтез) . . . . . 235
3. Соотношение различных сторон развития научной мысли, различных логических приемов в методе обобщения. (Индукция и дедукция) . . . . . 240
4. Упрощенное понимание метода обобщения. (Игнорирование особенного в развитии научного познания) . . . . . 253
5. Методологическая основа неудач у химиков, приближавшихся к открытию периодического закона. (Неправильное понимание соотношения единичного, особенного и всеобщего в познании химических элементов) . . . . . 260

## Глава IX. КАК ПРИМЕНЯЛСЯ МЕТОД НАУЧНОГО ПОЗНАНИЯ В ПРОЦЕССЕ ОТКРЫТИЯ (Окончание) . . . 274

- В. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ МЕТОД (Основа систематизации) . . . . . —
1. Исходный пункт сравнительного метода. (Атомный вес — основа сравнения) . . . . . 277
2. Результативный пункт сравнительного метода. («Место» в системе — выражение связей элемента) . . . . . 281
3. Особенности естественной систематики элементов. (Переходы — признак естественности) . . . . . 288

## Глава X. О ЧЕМ СВИДЕТЕЛЬСТВУЕТ ДЕНЬ ОТКРЫТИЯ (Пути научного творчества) . . . . . 301

1. О моменте случайности и неожиданности в научном открытии . . . . . 302
2. О роли фантазии в научном открытии . . . . . 307
3. О соотношении национального и общечеловеческого, личного и общественного в научном творчестве . . . . . 317
4. Научное открытие как революционный скачок и его эволюционная подготовка . . . . . 329

## ДОПОЛНЕНИЯ . . . . . 337

- Дополнение к предисловию [доп. 1] . . . . . 339

### ЧАСТЬ ПЕРВАЯ

- Дополнения к главе I [доп. 2—7] . . . . . 340
- Дополнения к главе II [доп. 8—15] . . . . . 353
- Дополнения к главе III [доп. 16—26] . . . . . 381
- Дополнения к главе IV [доп. 27—36] . . . . . 412
- Дополнения к главе V [доп. 37—43] . . . . . 433

### ЧАСТЬ ВТОРАЯ

- Дополнения к главе VI [доп. 44—58] . . . . . 453
- Дополнение к главе VII [доп. 59] . . . . . 498
- Дополнения к главе VIII [доп. 60—64] . . . . . 499
- Дополнения к главе IX [доп. 65—67] . . . . . 510
- Дополнения к главе X [доп. 68—76] . . . . . 512

## СПИСКИ И УКАЗАТЕЛИ

|                                                             |     |
|-------------------------------------------------------------|-----|
| 1. Список фотокопий . . . . .                               | 532 |
| 2. Список таблиц . . . . .                                  | 533 |
| 3. Список дополнений . . . . .                              | 536 |
| 4. Список иллюстраций . . . . .                             | 540 |
| 5. Список употребляемых в этой книге терминов . . . . .     | 540 |
| 6. Список устарелых символов химических элементов . . . . . | 542 |
| 7. Список элементов, их групп и семейств . . . . .          | 543 |
| 8. Список обозначений . . . . .                             | 544 |
| 9. Список и общая схема вариантов системы . . . . .         | 545 |
| Именной указатель . . . . .                                 | 548 |
| Указатель отсылок на цитируемую литературу . . . . .        | 555 |

КЕДРОВ Бонифатий Михайлович

День одного великого  
открытия

Редактор *Л. Л. Потков*

Оформление художника *Н. Симазина*

Технический редактор *М. Пиотрович*

Сдано в набор 6 сентября 1957 г. Подписано в печать 18 февраля 1958 г. Формат 60×92<sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Физ. печ. л. 35 + (7 вкл.) 2. Условн. печ. л. 37. Учено-изд. л. 34,04.

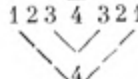
Тираж 10 000 экз. А01230. Заказ № 879. Цена 21 р. 90 к.

Издательство социально-экономической литературы  
Москва, В-71, Ленинский проспект, 15.

Первая Образцовая типография имени А. А. Жданова  
Московского городского Совнархоза.  
Москва, Ж-54, Валовая, 28.

Отпечатано в типографии: Москва, пр. Сапунова, 2. Зак. 2656.

# СПИСОК ВАЖНЕЙШИХ ОПЕЧАТОК И ИСПРАВЛЕНИЙ

| Страница | Строка       | Напечатано                                         | Следует читать                                                                                                                                                                           |    |    |    |     |    |    |    |    |    |    |     |     |
|----------|--------------|----------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|----|----|-----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|
| 56       | 13 снизу     | группу                                             | группы                                                                                                                                                                                   |    |    |    |     |    |    |    |    |    |    |     |     |
| 59       | 13 сверху    | перед Li                                           | перед «?»                                                                                                                                                                                |    |    |    |     |    |    |    |    |    |    |     |     |
| 78       | 12 снизу     | группы                                             | групп                                                                                                                                                                                    |    |    |    |     |    |    |    |    |    |    |     |     |
| 170      | 1 »          | Cerald                                             | Gerald                                                                                                                                                                                   |    |    |    |     |    |    |    |    |    |    |     |     |
| 233      | 11 сверху    | Ca                                                 | Cu                                                                                                                                                                                       |    |    |    |     |    |    |    |    |    |    |     |     |
| »        | 16 »         | (TLO)                                              | (Ti <sub>2</sub> O)                                                                                                                                                                      |    |    |    |     |    |    |    |    |    |    |     |     |
| 250      | 10 »         | 16 22 18 22 28                                     | 16 22 22 18 28                                                                                                                                                                           |    |    |    |     |    |    |    |    |    |    |     |     |
| 256      | 6 снизу      | группы                                             | групп                                                                                                                                                                                    |    |    |    |     |    |    |    |    |    |    |     |     |
| 285      | 7 сверху     | Zn                                                 | Zr                                                                                                                                                                                       |    |    |    |     |    |    |    |    |    |    |     |     |
| 298      | 18 снизу     | позволяющую                                        | позволяющего                                                                                                                                                                             |    |    |    |     |    |    |    |    |    |    |     |     |
| 311      | 22 сверху    | сопоставлявшихся                                   | составлявшихся                                                                                                                                                                           |    |    |    |     |    |    |    |    |    |    |     |     |
| 341      | Табл 1       | * Cs                                               | Cs                                                                                                                                                                                       |    |    |    |     |    |    |    |    |    |    |     |     |
| 356      | 18 сверху    | сторонами                                          | строчками                                                                                                                                                                                |    |    |    |     |    |    |    |    |    |    |     |     |
| 376      | Табл 18      | H Au                                               | H Au                                                                                                                                                                                     |    |    |    |     |    |    |    |    |    |    |     |     |
| 381      | 3 снизу      | светлым                                            | жирным                                                                                                                                                                                   |    |    |    |     |    |    |    |    |    |    |     |     |
| 395      | Табл 26      | Os 122                                             | Os 199                                                                                                                                                                                   |    |    |    |     |    |    |    |    |    |    |     |     |
| 415      | Табл 37      | Os Tl                                              | Os                                                                                                                                                                                       |    |    |    |     |    |    |    |    |    |    |     |     |
|          |              | Hg Pb                                              | Hg Tl                                                                                                                                                                                    |    |    |    |     |    |    |    |    |    |    |     |     |
|          |              |                                                    | Pb                                                                                                                                                                                       |    |    |    |     |    |    |    |    |    |    |     |     |
| 422      | Табл 45      | H                                                  | H                                                                                                                                                                                        |    |    |    |     |    |    |    |    |    |    |     |     |
| 424      | 19—20 сверху | Нижняя часть схемы должна быть следующей           | 1 2 3 4 3 2 1<br><div style="text-align: center;">  </div>                                              |    |    |    |     |    |    |    |    |    |    |     |     |
| 429      | 12 снизу     | светлым                                            | прямым                                                                                                                                                                                   |    |    |    |     |    |    |    |    |    |    |     |     |
| 429      | 10 »         | жирным шрифтом                                     | курсивом                                                                                                                                                                                 |    |    |    |     |    |    |    |    |    |    |     |     |
| 483      | 1 »          | «позднейшая часть»                                 | «позднейшие записи»                                                                                                                                                                      |    |    |    |     |    |    |    |    |    |    |     |     |
| 490      | Табл 52      | 9,3?                                               | 9 3?                                                                                                                                                                                     |    |    |    |     |    |    |    |    |    |    |     |     |
| 491      | 16 снизу     | Pa                                                 | Pb                                                                                                                                                                                       |    |    |    |     |    |    |    |    |    |    |     |     |
| 492      | 20 »         | табл 25                                            | табл 52                                                                                                                                                                                  |    |    |    |     |    |    |    |    |    |    |     |     |
| 504      | Табл 53      | элементы должны быть размещены один над другим так | <table> <tr> <td>Ni</td><td>La</td><td>Ru</td><td>Th?</td></tr> <tr> <td>Co</td><td>Nb</td><td>Ro</td><td>Sn</td></tr> <tr> <td>58</td><td>94</td><td>104</td><td>118</td></tr> </table> | Ni | La | Ru | Th? | Co | Nb | Ro | Sn | 58 | 94 | 104 | 118 |
| Ni       | La           | Ru                                                 | Th?                                                                                                                                                                                      |    |    |    |     |    |    |    |    |    |    |     |     |
| Co       | Nb           | Ro                                                 | Sn                                                                                                                                                                                       |    |    |    |     |    |    |    |    |    |    |     |     |
| 58       | 94           | 104                                                | 118                                                                                                                                                                                      |    |    |    |     |    |    |    |    |    |    |     |     |
| 541      | 19 сверху    | верхней                                            | нижней                                                                                                                                                                                   |    |    |    |     |    |    |    |    |    |    |     |     |
| »        | 22 »         | III                                                | IIIa                                                                                                                                                                                     |    |    |    |     |    |    |    |    |    |    |     |     |
| »        | 28 »         | см периферия                                       | периферия                                                                                                                                                                                |    |    |    |     |    |    |    |    |    |    |     |     |
| 545      | 11 снизу     | заимствуются из                                    | добавляются к                                                                                                                                                                            |    |    |    |     |    |    |    |    |    |    |     |     |
| 547      | схема (верх) | один столбец (ряда)                                | один столбец (ряд)                                                                                                                                                                       |    |    |    |     |    |    |    |    |    |    |     |     |

По техническим причинам не все записи на фотокопиях I (стр 17), III (стр 49) и IIIa (стр 65—69) воспроизведены достаточно г но

Б М. КЕДРОВ День одного великого открытия