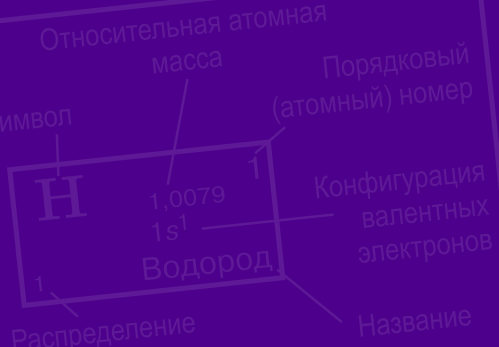




Сириус



# МЕНДЕЛЕЕВ — ПУТЬ К ЗАКОНУ

## Д.И. МЕНДЕЛЕЕВ НА ПОЧТОВЫХ МАРКАХ МИРА



# 150

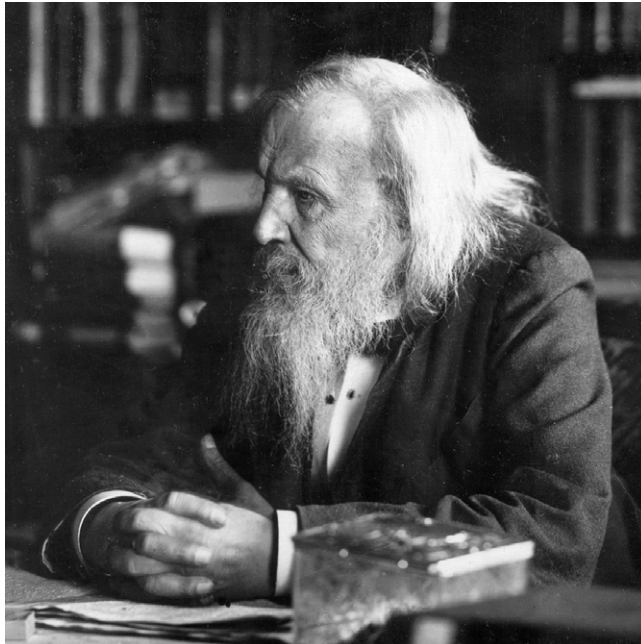
ЛЕТ СО ДНЯ ОТКРЫТИЯ  
ПЕРИОДИЧЕСКОГО  
ЗАКОНА  
Д.И. МЕНДЕЛЕЕВА

И.С. Дмитриев, В.В. Еремин

# **МЕНДЕЛЕЕВ — ПУТЬ К ЗАКОНУ**

## **Д.И. МЕНДЕЛЕЕВ НА ПОЧТОВЫХ МАРКАХ МИРА**

Посвящается 150-летию открытия  
Периодического закона Д.И. Менделеевым



## ПРЕДИСЛОВИЕ

Предлагаемый вашему вниманию сборник содержит материалы, посвященные юбилею Периодической системы, который широко отмечается в 2019 году в России и в мире. Он состоит из двух разноплановых по содержанию и стилю статей, которые неплохо дополняют друг друга и дают целостное представление о научной деятельности Д.И. Менделеева, его месте в истории науки и его роли как создателя Периодической системы химических элементов.

Первая статья написана профессиональным историком науки, доктором химических наук, заведующим музеем-архивом Д.И. Менделеева СПбГУ Игорем Сергеевичем Дмитриевым. Это – настоящее научное исследование, в котором подробно показан процесс создания Периодической системы элементов, прослежен творческий путь Менделеева к главному открытию его жизни. Статья изобилует достоверными деталями. Они будут особенно интересны читателям, знающим лишь важнейшие факты из жизни выдающегося ученого. Читая статью Дмитриева, становится понятно, что же именно открыл Менделеев и в чем состоит его научный подвиг. Детально рассмотрен вопрос о приоритете российского ученого. Для этого автор разграничивает три родственных понятия: Периодический закон, Периодическая система и Периодическая таблица. Сравнивая достижения Менделеева и его современников, автор делает главный вывод о том, что первооткрывателем Периодического закона является только Менделеев, тогда как заслуги его конкурентов ограничиваются различными вариантами периодической таблицы элементов.

Не менее интересна научная биография Менделеева и после открытия Периодического закона. Его большая программа по исследованию разреженных газов и поиску мирового эфира оказалась тупиковой и завершилась полной неудачей, которая при-

вела к глубокому личному кризису Менделеева. Эта часть статьи написана более лаконично, но не менее интересно, чем первая.

Вторая представляемая вашему вниманию статья написана профессором Московского университета Вадимом Владимировичем Ереминым. Она имеет намного более популярный характер и характеризует роль Д.И. Менделеева в истории науки с необычной точки зрения – филателистической. По числу изображений на почтовых марках различных стран мира Менделеев входит в первую пятерку среди всех ученых, что, безусловно, говорит о всемирном признании его роли в создании Периодического закона. В статье описаны практически все известные марки, посвященные Периодической системе и ее создателю, рассмотрены интересные филателистические детали, связанные с особенностями печати марок и их содержанием.

Мы надеемся, что данный сборник будет интересен и полезен всем читателям, интересующимся химией, ее историей и ролью в современном обществе. Представленные в нем материалы служат дополнительным пособием для слушателей курсов повышения квалификации учителей «Развитие одаренности и подготовка учащихся к олимпиадам высшего уровня по химии», проводимых Образовательным центром «Сириус» в августе 2019 г и могут быть использованы учителями при проведении открытого урока, посвященного 150-летию открытия Д.И. Менделеевым Периодического закона. Представленные в сборнике статьи были специально подготовлены авторами для Образовательного центра «Сириус» в рамках празднования юбилейного года.

В.В. Еремин, А.А. Дроздов

И.С. Дмитриев

# МЕНДЕЛЕЕВ: ПУТЬ К ЗАКОНУ

(Об истории открытия Периодического закона)

## АННОТАЦИЯ

Дмитрия Ивановича Менделеева принято считать ученым-энциклопедистом. Однако при всем разнообразии его интересов и занятий открытие Периодического закона представляется все же главным его достижением. Вместе с тем, история этого открытия (как, кстати, и сам Периодический закон) таит в себе множество неясностей и неожиданных поворотов. В статье рассмотрены некоторые из них: как Менделеев создал Периодическую систему элементов? Почему он не торопился лично доложить о своем открытии научному сообществу? Почему спустя год и девять месяцев после открытия Периодического закона он резко меняет тематику своих исследований?

18 октября (ст. ст.) 1867 года тридцатитрехлетний профессор Санкт-Петербургского университета Дмитрий Иванович Менделеев был переведен с кафедры технической химии на кафедру химии (или общей химии, как он ее называл) в звании ординарного профессора, поскольку бывший профессор (т.е. заведующий) этой кафедры – А.А. Воскресенский – уехал попечителем учебного округа в Харьков (рис. 1). Тогда же, в октябре, Менделеев начал читать лекции по неорганической химии для студентов I курса физико-математического факультета. Этот курс он читал ежегодно вплоть до своего ухода из университета в 1890 году. Его общая педагогическая нагрузка

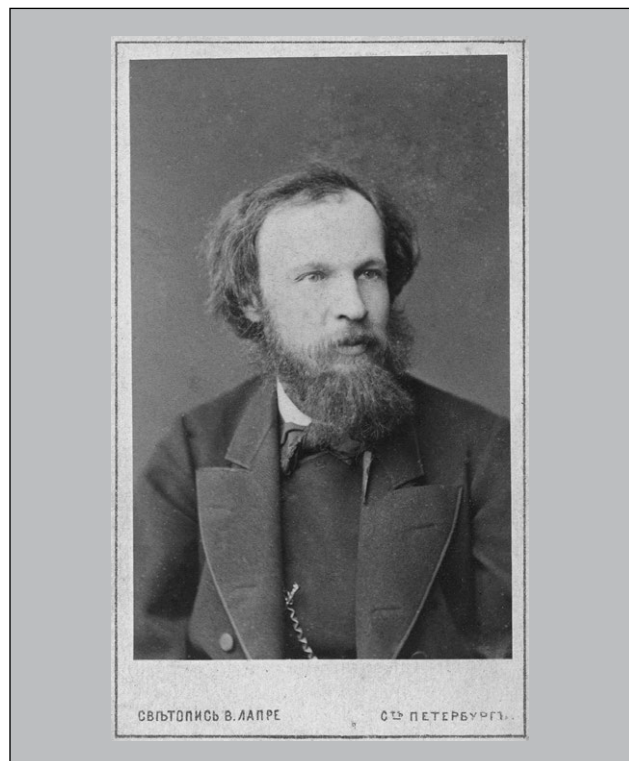


Рис. 1. Д.И. Менделеев (1869)

– в среднем пять лекционных часов в неделю (лекционный час тогда составлял 60 мин).

Естественно, Дмитрию Ивановичу надо было рекомендовать студентам какой-то учебник. Однако ничего подходящего он не нашел, и тогда решил написать свой, который назвал «Основы химии». «...Мое сочинение, – писал Менделеев, – не есть учебник: это, скорее, изложение целой совокупности моих воззрений, часть которых вошла потом в мемуары, много раз публиковавшиеся. Сам я, в изложении своих лекций, его не придерживаюсь»<sup>1</sup>.

Первый выпуск «Основ» был опубликован в конце мая или в начале июня 1868 года. Видимо, Менделе-

<sup>1</sup> Менделеев Д.И. В защиту «Антошки Homo Novus». Письмо к редактору // газ. «Голос» от 11 февр. 1876, № 42. С. 4, стлб. 5 – 6.

ев писал его зимой 1867/68 годов. Летом 1868 года он работал над вторым выпуском своего учебника, печатание которого было закончено в марте 1869 года (рис. 2). Именно в процессе работы над «Основами» Менделеев открывает Периодический закон.

Его первая статья об этом законе начиналась следующими словами: «систематическое распределение элементов подвергалось в истории нашей науки многим разнообразным превратностям»<sup>2</sup>. Это так. Но об одном Дмитрий Иванович умолчал: проблема «систематического распределения элементов» была для научного сообщества сугубо маргинальной, а то и просто недостойной внимания серьезного ученого. К примеру, когда один из предше-

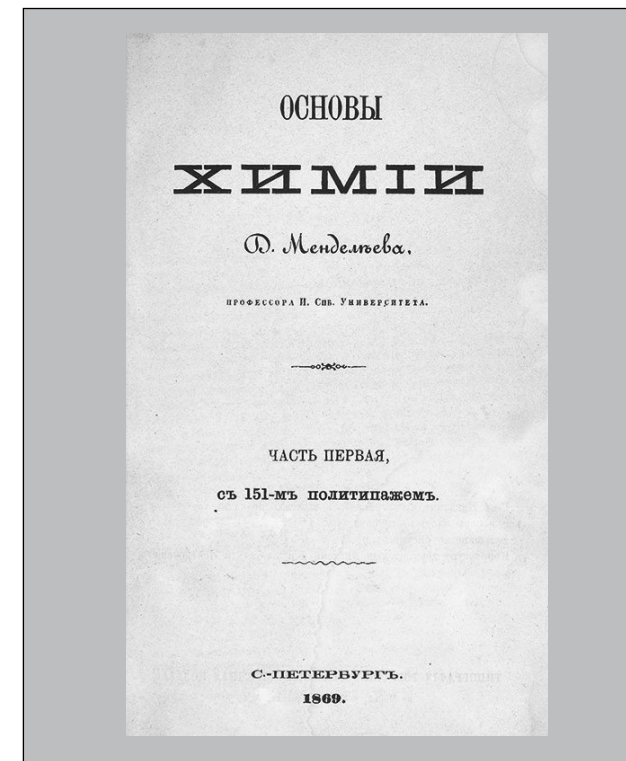


Рис. 2. Д. И. Менделеев «Основы химии». 1-е издание. Первая часть. СПб., 1869

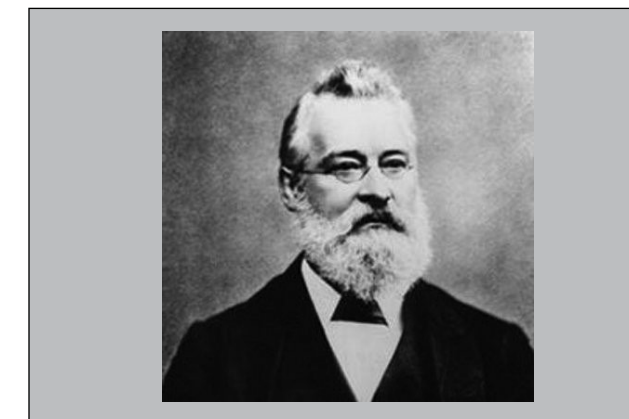


Рис. 3. Джон Ньюлендс (1837 – 1898) – английский физик и химик. В 1864 году опубликовал таблицу, в которой расположил все известные элементы в порядке увеличения их атомных весов, используя данные С. Канинциаро. Ньюлендс пронумеровал элементы, сопоставил их номера с их свойствами и, отметив, что элементы с аналогичными свойствами регулярно повторяются, сделал вывод: «восьмой элемент, начиная с данного элемента, является своего рода повторением первого, подобно восьмой ноте октавы в музыке...». Хотя термин «периодичность» он не употреблял, но по сути речь шла именно о периодическом изменении свойств элементов

ственников Менделеева – Джон Ньюлендс (рис. 3) – представил Лондонскому Химическому обществу свой вариант классификации элементов (так называемый «закон октав»), один из присутствующих заметил: «а не пытался ли он [Ньюлендс] расположить элементы по алфавиту? Ведь любое расположение их может представлять случайные совпадения (occasional coincidences)»<sup>3</sup>.

Таким образом, Менделеев взялся за тему, которая в то время не только не представлялась актуальной, но и вызывала насмешки. Но он все-таки решил всерьез заняться проблемой классификации элементов.

<sup>2</sup> Менделеев Д.И. Соотношение свойств с атомным весом элементов // Менделеев Д. И. Периодический закон. Основные статьи / Редакция, статьи и примечания Б. М. Кедрова. М., 1958. С. 10 – 31; С. 10.

<sup>3</sup> Newlands J. The Law of Octaves, and the Causes of the Numerical Relations among the AtomicWeights // Chemical News, 1866, № 13 (9 March). P. 113.

## «ПЕРВАЯ ПРОБА»

История открытия Периодического закона и создания периодической системы сложна и запутана, поэтому дальше я изложу лишь общий путь Менделеева к главному достижению его жизни. Начну со свидетельства самого Дмитрия Ивановича:

«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:

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; Ca=40; - Ti=50; V=51; -»<sup>4</sup>.

Уже при рассмотрении легких элементов (с атомными весами от 1 до 40) Менделеев пришел к важным предположениям:

1. «Не выражаются ли свойства элементов в их атомном весе, нельзя ли на нем основать систему?»<sup>5</sup>;

2. При расположении элементов в порядке возрастания их атомных весов наблюдается «как бы период свойств». Тем самым он если и не предложил (пока!) полную формулировку Периодического закона, то, по крайней мере, ухватил его суть – периодический характер изменения свойств элементов с изменением их атомных весов, и все дальнейшие его действия были направлены на проверку этой пока еще гипотезы;

3. Нельзя ли построить систему элементов из

<sup>4</sup> Менделеев Д.И. Соотношение свойств с атомным весом элементов // Менделеев Д. И. Периодический закон. Основные статьи / Редакция, статьи и примечания Б. М. Кедрова. М., 1958. С. 10 – 31; С. 17 – 18.

<sup>5</sup> Там же. С. 18.

<sup>6</sup> Там же. С. 22.

структурных блоков следующего вида:

щелочные металлы – промежуточные элементы – галогены  
«с менее резким химическим  
характером»<sup>6</sup> (1)

Иными словами, Менделеев решил выстроить систему элементов укладыванием штабелями фрагментов типа (1) так, чтобы атомные веса увеличивались сверху вниз и слева направо.

«Галоиды (т. е. галогены. – И.Д.) и щелочные металлы, – писал Менделеев в «Основах химии», – 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 (гидриды металлов тогда еще не были открыты. – И.Д.), но они не столь энергичны, как щелочные металлы, вытесняются последними из большинства своих соединений, выделяют менее тепла, соединяясь с галоидами, и образуют основания менее энергичные, 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 (речь идет о простых веществах. – И.Д.), в которых ни металлических, ни галоидных свойств не выражено с резкостью, и которые в этом отношении занимают промежуток между двумя вышеупомянутыми рядами 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 ... Все это дает возможность распределить элементы между группами щелочных металлов и галоидов ... »<sup>7</sup>.

Эти слова показывают, как Менделеев формировал «полюса» будущей системы и чем он предполагал заполнять пространство между ними. Его замысел был замечательным, но реализовать его было непросто, поскольку Дмитрий Иванович столкнулся со следующими трудностями:

– не все элементы были к тому времени (1869 год) известны;

– не для всех открытых элементов были правильно определены атомные веса (причем, оставалось неясным – какие именно атомные веса правильные, а какие – нет);

– число элементов в разных фрагментах типа (1) оказывалось различным: между Li и F, как и между Na и Cl, умещалось по пять элементов, тогда как путь от K=39 до Br=80 – много длиннее, между ними надо было разместить не менее 12 известных в то время элементов: Ca=40; Ti=50; V=51; Cr=52; Mn=55; Fe=56; Co=Ni=58,8; Cu=63; Zn=65; As=75; Se=79):

Li	Be	B	C	N	O	F													
Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl													
K	Ca	-	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	-	-	As	Se	Br			
Rb	Sr	-	Zr	Nb	Mo	-	Rh	Ru	Pd	Ag	Cd	U	Sn	Sb	Te	J			
и т.д.																			

(2)

– фрагменты (Li – F) и (Na – Cl) отличались от остальных не только числом входящих в них элементов, но и, что важнее, характером «начинки», а также темпом и ритмом изменения свойств простых тел и соответствующих соединений при переходе от щелочного металла к галогену (скажем, в ряду K – Br оказывались такие элементы, как V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, химия которых существенно отличалась от химии прямых аналогов фосфора, серы и хлора, т. е. As, Se и Br);



Музей-квартира Менделеева при СПбГУ. Кабинет.

– существовало два типа аналогий между элементами и это надо было как-то выразить в системе. На этой последней трудности следует остановиться детальной.

Менделеева вариант (2) не устраивал. И не трудно догадаться почему. В первых, двух строчках элементы-аналоги стоят друг под другом, что естественно. А в третьей строке As (прямой аналог фосфора), Se (прямой аналог серы) и Br (прямой аналог хлора) оказались где-то в стороне, их потеснили другие элементы. Тогда Менделеев решил длинные строчки «сломать»:

Li	Be	B	C	N	O	F													
Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl													
K	Ca	-	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni										
Cu	Zn	-	-	As	Se	Br													
Rb	Sr	-	Zr	Nb	Mo	-	Rh	Ru	Pd										
Ag	Cd	U	Sn	Sb	Te	J													
и т.д.																			

(3)

И что? А ничего хорошего. Мало того, что некоторые элементы (скажем, Fe, Co, Ni) вообще «зависли», хуже другое: мышьяк хоть и оказался в одном столбце с фосфором, а селен с серой, и бром с хлором

<sup>7</sup> Менделеев Д. И. Основы химии. Часть II (1-е изд.) // Менделеев Д. И. Соч.: В 25-ти тт. Л.-М., 1934 – 1954. Т. 14 (1949). С. 95 – 96.

ром, но в этих столбцах между элементами-прямыми аналогами затесались «чужаки»: между фосфором и мышьяком – ванадий, между серой и селеном – хром, между хлором и бромом марганец... Ну чем ванадий сходен с фосфором? На первый взгляд ничем. Но только на первый взгляд. И Менделеев это знал.

Он знал, что «ванадию, судя по исследованиям Роско<sup>8</sup>, должно быть дано место в ряду азота, его атомный вес (51) заставляет его поместить [в одном столбце] между фосфором и мышьяком. Физические свойства оказываются ведущими к тому же самому определению положения ванадия: так, хлорокись 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 (т. е.  $\text{POCl}_3$  – И. Д.)»<sup>9</sup>.

Получается, что если присмотреться, то ванадий и фосфор (равно как хром и сера, или хлор и марганец) не совсем «чужие» друг другу элементы. Между ними кое-какое сходство есть, но проявляется оно только в высших соединениях. Например, высшая степень окисления и хлора, и марганца равна 7 (потом они окажутся в седьмой группе), и соответствующие высшие соединения этих элементов ( $\text{Cl}_2\text{O}_7$  и  $\text{Mn}_2\text{O}_7$ ;  $\text{KClO}_4$  и  $\text{KMnO}_4$  и т. д.) проявляют сходные свойства. То же можно сказать и о парах P – V и S – Cr. Менделеев об этом знал и до 1869 года. Более того, об этом знали многие химики до него, но оставался вопрос: это сходство высших соединений, скажем, кислородных, обусловлено сходством самих элементов, оказавшихся в особом, «предельном» состоянии или же кислорода в этих соединениях так много, что он нивелирует («забывает») различия в природе самих элементов? Для Менделеева это был один из самых трудных вопросов. И ответ на него он

<sup>8</sup> Речь, видимо, идет о статье: Roscoe H.E. Researches on Vanadium (The Bakerian Lecture) // Philosophical Transactions of the Royal Society of London, 1869 (for the year 1868). Vol. 158. P. 1-27 (особ. pp. 19 – 24). Генри Энфилд Роско (1833 – 1915) – британский химик, один из первых исследователей химии ванадия. – И. Д.

искал долго, около года, если не больше.

Итак, вариант системы типа (3), который, замечу, вполне устраивал таких предшественников Менделеева, как У. Одлинг<sup>10</sup> и Л. Майер, и который вполне устраивает нас, для Дмитрия Ивановича в начале 1869 г. был совершенно неприемлем. И главная причина его отказа от развернутого варианта «первой пробы», т. е. варианта (3), состояла в отсутствии ясных и строгих критериев объединения в один столбец элементов, как тогда говорили, разных «разрядов», или, если использовать современную терминологию, элементов главных (т. е. ns- и пр-элементов) и дополнительных (т. е. (n – 1)d-элементов) подгрупп. При том, что Дмитрий Иванович понимал: свойства элементов определяются не только величиной и весом атома, но и «внутренними различиями материи, входящей в состав атомов»<sup>11</sup>, т. е. внутриатомной структурой. Но это понимание тогда оставалось лишь блестящей догадкой.

Так что же делать дальше? В ситуации, когда критерии объединения элементов обоих «разрядов» в единую систему были еще не ясны<sup>12</sup>, что и составляло, как позднее Дмитрий Иванович изволил изящно выразиться, «некоторое затруднение»<sup>13</sup>, ему представилось более естественным разъединить элементы разных «разрядов». Логика ясна: не можешь обоснованно объединить элементы разных «разрядов» – разделяй их! Таково было его решение. Именно поэтому, имея в руках вариант системы, по формальным признакам весьма близкий к тому, который впоследствии получил название короткой

<sup>9</sup> Менделеев Д.И. Соотношение свойств с атомным весом элементов // Менделеев Д.И. Периодический закон. Основные статьи / Редакция, статьи и примечания Б.М. Кедрова. М., 1958. С. 10 – 31; С. 24 – 26.

<sup>10</sup> Уильям Одлинг (1829 – 1921) – английский химик, внес заметный вклад в формирование теории валентности, в 1857 – 1868 годах предложил несколько вариантов таблиц элементов.

<sup>11</sup> Менделеев Д.И. Основы химии. Часть II (1-е изд.) // Менделеев Д.И. Соч.: В 25-ти тт. Л.-М., 1934 – 1954. Т. 14 (1949). С. 191 – 192.

<sup>12</sup> Хотя Менделеев уже в первой статье о Периодическом законе писал, что, к примеру, «в марганце есть некоторое сходство с хлором, как в хроме с серой» (Менделеев Д.И. Соотношение свойств с атомным весом элементов // Менделеев Д.И. Периодический закон.

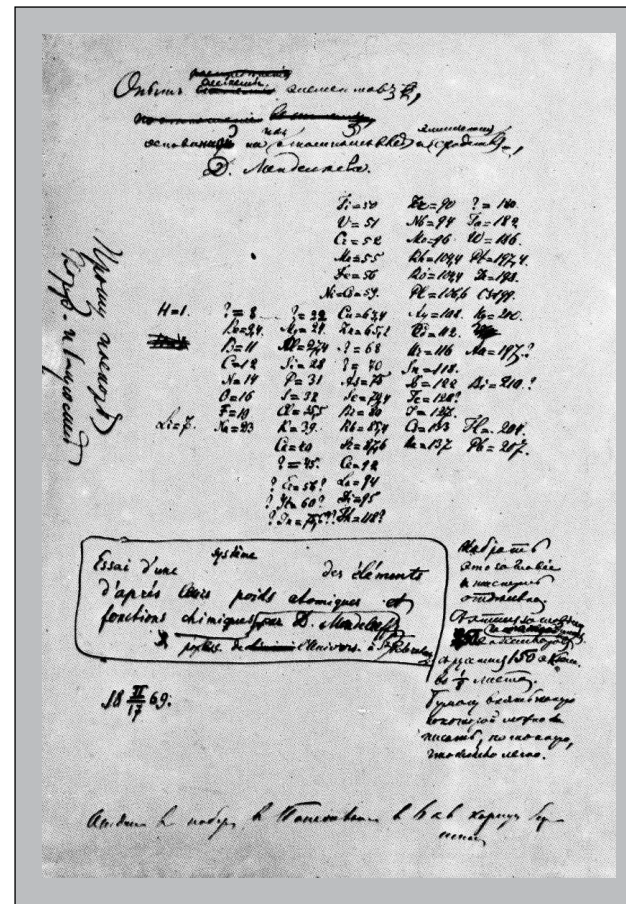


Рис. 4. Беловой рукописный вариант «Опыта системы элементов» с датой: 17 февраля (ст. ст.) 1869 года

Основные статьи / Редакция, статьи и примечания Б.М. Кедрова. М., 1958. С. 10 – 31; С. 26).

<sup>13</sup> Менделеев Д.И. Естественная система элементов и применение ее к указанию свойств неоткрытых элементов // Менделеев Д.И. Периодический закон. Основные статьи / Редакция, статьи и примечания Б.М. Кедрова. М., 1958. С. 69 – 101; С. 78. Замечу попутно: чтобы это «некоторое затруднение» вообще возникло, в распоряжении Менделеева должна была быть такая форма (или структура) системы элементов, которая стала бы его (этого «затруднения») источником. Такой формой могла быть только система типа (3).

<sup>14</sup> Менделеев Д.И. Соотношение свойств с атомным весом элементов // Менделеев Д.И. Периодический закон. Основные статьи / Редакция, статьи и примечания Б.М. Кедрова. М., 1958. С. 10 – 31; С. 26.

формы (или «естественной системы»), т. е. вариант, который сейчас можно видеть в школьных и вузовских учебниках и аудиториях, Менделеев отказался размещать элементы «второго разряда» (т. е. дополнительных подгрупп) среди элементов первого, поскольку размещением марганца в столбце между хлором и бромом, хрома между серой и селеном, ванадия между фосфором и мышьяком и т. д. «разорвалась бы естественность связи членов одного ... ряда» (т. е. членов одной главной подгруппы, как бы мы сказали сегодня)<sup>14</sup>. Менделеев поначалу даже не решился объединить в один столбец  $\text{Be}=9,4$ ;  $\text{Mg}=24$ ;  $\text{Ca}=40$ ;  $\text{Zn}=65$ ;  $\text{Sn}=87$ ;  $\text{Cd}=112$  и  $\text{Ba}=137$ .

Задача объединения элементов разных «разрядов», поставленная Менделеевым, лишь на первый взгляд может показаться сравнительно несложной. Ведь надо было именно перегруппировать шестьдесят с лишним элементов, а не просто выбросить треть их из системы. Причем перегруппировывать элементы надо было так, чтобы сохранить их расположение в порядке возрастания атомных весов и по возможности не затушевать периодический характер изменения их свойств. В противном случае система теряла цельность и ценность. Задача осложнялась тем, что Cu, Ag, Zn и Cd Менделеев поначалу относил к элементам первого разряда, т. е. к элементам главных подгрупп, как бы мы сейчас сказали.

Ну, хорошо. Не подходит короткая форма системы (со «сломанными» периодами), так, может быть, подойдет другая форма, которую потом станут называть «длинной» (или «длиннопериодной»):

Li	Be				B	C	N	O	F							
Na	Mg				Al	Si	P	S	Cl							
K	Ca	-	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	-	-	As	Se	Br
и т. д.																

Нет, такое расположение элементов Менделеева тоже не устраивало, поскольку его смущало наличие пустот (разрывов) в первых двух строках, ибо пустое место внутри естественной системы может служить

указанием на существование не открытого еще элемента, а подозревать существование неизвестных элементов между Be и B и между Mg и Al оснований не было.

И что же в итоге у него получилось? После долгих мучений Менделеев создал вариант системы, который с несвойственной ему скромностью назвал «Опытом (т. е. попыткой создания. – И. Д.) системы элементов, основанной на их атомном весе и химическом сходстве»<sup>15</sup> (далее сокр. «Опыт») (рис. 4 и 5). На рукописном листке с «Опытом» (рис. 4) рукой Дмитрия Ивановича проставлена дата: 17 февраля 1869 года (по ст. ст.).

Составление «Опыта» и написание статьи «Соотношение свойств с атомным весом элементов» подвели черту под важным этапом работы Менделеева по созданию рациональной систематики элементов. Теперь он был уверен, что:

– атомный вес является одним из важнейших параметров, определяющих коренные свойства элементов<sup>16</sup> и потому «распределение элементов по атомному их весу не противоречит естественному сходству, существующему между элементами, а напротив того, прямо на него указывает»<sup>17</sup>;

– существующее «между естественными свойствами элементов и величиной их атомного веса» некоторое «точное отношение»<sup>18</sup> имеет периодический характер в том смысле, что «элементы, распо-

ложенные по величине их атомного веса, представляют явственную периодичность свойств»<sup>19</sup>.



Музей-квартира Менделеева при СПбГУ. Картоотека в рабочем кабинете.

<sup>15</sup> Менделеев Д.И. Опыт системы элементов, основанной на их атомном весе и химическом сходстве // Менделеев Д.И. Периодический закон. Основные статьи / Редакция, статьи и примечания Б.М. Кедрова. М., 1958. С. 9.

<sup>16</sup> Менделеев понимал, и это видно из сказанного мною выше, что свойства элементов определяются не одной лишь величиной их атомного веса, но и другими факторами (например, внутриатомным распределением вещества). Поэтому он и написал, что «величина атомного веса определяет природу элемента настолько же, насколько вес частицы определяет свойства и многие реакции сложного тела» (Менделеев Д. И. Соотношение свойств с атомным весом элементов // Менделеев Д. И. Периодический закон. Основные статьи / Редакция, статьи и примечания Б. М. Кедрова. М., 1958. С. 10 – 31; С. 21), т. е. определяет сколь угодно существенным образом, но не целиком.

<sup>17</sup> Там же. С. 18 – 20.

<sup>18</sup> Там же. С. 20.

<sup>19</sup> Там же. С. 30.

<sup>20</sup> Там же. С. 23.

## «ОПЫТ» – «СЫН ОШИБОК ТРУДНЫХ»

Таким образом, Менделеев к 17 февраля 1869 года понял главное – характер той фундаментальной зависимости, которая связывает между собой все химические элементы. Однако полученный результат, сколь бы важен он ни был сам по себе, никак не мог считаться окончательным, поскольку «Опыт» при всех его достоинствах не обладал ни цельностью, ни должной естественностью. А утверждения Менделеева, что, к примеру, ряд Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co и Ni составляет переход от K и Ca к Cu и Zn<sup>20</sup>, мало что объясняли. Переходные элементы явно демонстрировали известные аналогии с элементами первого

ОПЫТ СИСТЕМЫ ЭЛЕМЕНТОВ, ОСНОВАННОЙ НА ИХ АТОМНОМ ВЕСЕ И ХИМИЧЕСКОМ СХОДСТВЕ									
H = 1	Be = 9,4	Mg = 24	Ti = 50	Zr = 90	? = 180.				
	B = 11	Al = 27,4	V = 51	Nb = 94	Ta = 182.				
	C = 12	Si = 28	Cr = 52	Mo = 96	W = 186.				
	N = 14	P = 31	Mn = 55	Rh = 104,4	Pt = 197,4				
	O = 16	S = 32	Fe = 56	Ru = 104,4	Ir = 198.				
	F = 19	Cl = 35,5	Ni = Co = 59	Pt = 106,6	Os = 199.				
Li = 7	Na = 23	K = 39	Cu = 63,4	Ag = 108	Hg = 200.				
		Ca = 40	Zn = 65,2	Cd = 112					
		? = 45	? = 68	U = 116	Au = 197?				
		? Er = 56	? = 70	Sn = 118					
		? Yt = 60	As = 75	Sb = 122	Bi = 210?				
		? In = 75,6	Se = 79,4	Te = 128?					
			Br = 80	J = 127					
			Rb = 85,4	Cs = 133	Tl = 204.				
			Sr = 87,6	Ba = 137	Pb = 207..				
			? = 45	Ce = 92					
			? Er = 56	La = 94					
			? Yt = 60	Di = 95					
			? In = 75,6	Th = 118?					

Д. Менделеев.

Рис. 5. Один из листков с «Опытом системы элементов», отпечатанных в типографии и разосланных Менделеевым в марте 1869 года

разряда, хотя Mn и Cl, Cr и S, V и P и т. д. не были полными аналогами. В «Опыте» же элементы «второго разряда» оказывались всего лишь своеобразным «навесным мостом», соединяющим отдельные фрагменты остова системы.

Отсюда – сложное отношение Менделеева к своему созданию. Включив «Опыт» в первую часть «Ос-нов» и в статью «Соотношение свойств» (не считая отдельных листков с таблицей, отпечатанных для рассылки коллегам), Менделеев затем больше никогда его не публиковал. К примеру, в докладе «Об атомном объеме простых тел», прочитанном 23 августа 1869 г. на II-м Съезде русских естествоиспытателей в Москве он, сославшись на публикацию «Опыта» в майском номере «Журнала Русского химического общества», далее пользовался двумя неполными таблицами типа (3).

Кроме того, «Опыт» обладал и другими недостатками. К примеру, шесть элементов, расположенных внизу, фактически оказались вне системы (у четырех из них поставлены вопросительные знаки, а дидим, как выяснилось в 1885 году, – это смесь празеодима и неодима). Далее, если аналогами титана оказывались цирконий и неизвестный элемент с атомным весом 180 (будущий Hf), аналогами ванадия – ниобий и тантал, а хрома – молибден и вольфрам, что совершенно правильно, то аналогами марганца стали родий и платина, что неверно. Причина этой ошибки (которую, кстати, сделал и Л. Майер в своей таблице 1869 года<sup>21</sup> (рис. 6, 7)), состоит в том, что Менделеев (как и Майер) «укоротил» фрагмент Fe, Co, Ni, записав его не в виде:

Fe = 56  
Co = 59  
Ni = 59  
но иначе:  
Fe = 56  
Co = Ni = 59.

<sup>21</sup> Кто из них на кого «повлиял», Менделеев на Майера или Майер на Менделеева, или же они ошибались независимо друг от друга – трудно сказать.

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
	B = 11.0 C = 11.97	Al = 27.3 Si = 28	–	–	–	<sup>?</sup> In = 113.4 Sn = 117.8	–	Tl = 202.7 Pb = 206.4
	N = 14.01	P = 30.9	Ti = 48	As = 74.9	Zr = 89.7	Sb = 112.2	Ta = 182.2	Bi = 207.5
	O = 15.96	S = 31.98	V = 51.2	Se = 78	Nb = 93.7	Te = 128 <sup>?</sup>	W = 183.5	–
	F = 19.1	Cl = 35.38	Cr = 52.4	Br = 79.75	Mo = 95.6	J = 126.5	Os = 198.6 <sup>?</sup> Ir = 196.7	–
Li = 7.01	Na = 22.99	K = 39.04	Mn = 54.8 Fe = 55.9 Co = Ni = 58.6	Rb = 85.2	Ru = 103.5 Rh = 104.1 Pd = 106.2	Cs = 132.7	Pt = 196.7	–
?Be = 9.3	Mg = 23.9	Ca = 39.9	Cu = 63.3	Sr = 87.0	Ag = 107.7	Ba = 136.8	Au = 196.2	–
			Zn = 64.9		Cd = 111.6		Hg = 199.8	–

Differenz von I zu II und von II zu III ungefähr = 16  
Differenz von III zu V, IV zu VI, V zu VII schwankend um 46  
Differenz von VI zu VIII, von VII zu IX bis 92

Рис. 6. Таблица элементов Л. Майера, опубликованная в 1870 году (послана в редакцию в декабре 1869 года).

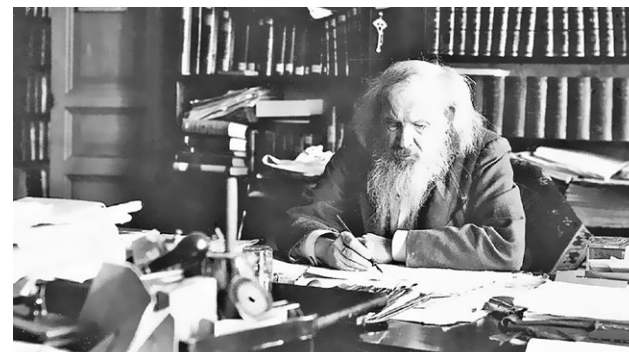
Если бы Майер догадался разъединить Co и Ni, разместив триаду Co, Ni, Fe над триадами Pd, Rh, Ru и Pt, Ir, Os, то ему бы пришлось допустить существование неизвестных тогда аналогов Mn, и его таблица приняла бы следующий вид:

I	?Be	Li							
II	Mg	Na		F	O	N	C	B	
III	Ca	K		Cl	S	P	Si	Al	
IV	Zn	Cu	Co	Ni	Fe	Mn	Cr	V	Ti
V		Sr	Rb		Br	Se	As		
VI	Cd	Ag	Pd	Rh	Ru		Mo	Nb	Zr
VII		Ba	Cs		J	Te	Sb	Sn	In
VIII	Hg	Au	Pt	Ir	Os		W	Ta	
IX								Bi	Pb
									Tl

Рис. 7. Таблица Л. Майера, перевернутая для удобства сравнения на 90° (значения атомных весов опущены)

И это важное различие. Если исходить из того, что каждому элементу соответствует одно и только одно

определенное место в системе, и поэтому два элемента никак не могут занимать в ней одно и то же положение, даже если их атомные веса близки (даже если они, в пределах точности их определения, могут считаться практически равными), то следовало принять первую из приведенных выше форм запи-



Д.И. Менделеев в рабочем кабинете

си этой триады элементов. (Как, кстати, Менделеев и сделал в случае родия и рутения, которые, по его данным, имели одинаковый атомный вес – 104,4, но тем не менее не были поставлены им в одно место системы). Если бы Менделеев «разделил» Co и Ni, то тогда он, возможно, сместил бы пары родий – платина, рутений – иридий и палладий – осмий вниз на одну строку и у марганца не осталось бы известных в то время элементов-аналогов (действительно, технеций и рений были открыты позднее, соответственно, в 1937 и 1925 годах). Правда, положение шестерки элементов платиновой группы (рутений, родий, палладий, осмий, иридий, платина) еще предстояло уточнить, что Менделеев позднее и сделал.

Кстати, если такую же операцию по «разъединению» пары Co – Ni и сдвигом элементов платиновой группы проделать с таблицей Майера 1869 года, то последующих уточнений расположения платиновых элементов уже не требовались бы.

В упомянутой выше статье «Об атомном объеме простых тел» Менделеев оперировал не с «Опытном», но с короткой формой системы:

Li	Be	B	C	N	O	F			
Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl			
K	Ca		Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni
Cu	Zn			As	Se	Br			
Rb	Sr		Zr	Nb	Mo		Rh	Ru	Pt
Ag	Cd			Sn	Sb	Te	J		
Cs	Ba			Ta	W		Pt	Ir	Os.

Приведенная форма во многих отношениях точнее «Опыта», хотя проблема расположения платиновых элементов здесь до конца еще не решена (во-первых, неправильно расположены родий и рутений – и это понятно, поскольку Менделеев считал, что их атомные веса одинаковы, а во-вторых, неправильно указаны положения осмия и платины). Кроме того, в этой таблице учтено только 49 элементов, причем нет многих важных: таллия, висмута, индия, ртути и др.

Только в статье «О месте церия в системе элемен-



Музей-квартира Менделеева при СПбГУ. Стеллаж с препаратами.

тов», представленной Физико-математическому отделению СПб Академии наук академиком Н. Н. Зининым и адъюнктом А. М. Бутлеровым на заседании 24 ноября 1870 года и опубликованной на немецком языке в «Бюллетенях» Академии<sup>22</sup>, Менделеев приводит таблицу, озаглавленную просто и кратко «Система элементов», которая стала прообразом известной сегодня короткой формы системы, и которую Менделеев в другой статье назвал «Естественной системой химических элементов» (1870)<sup>23</sup>. Эта статья датирована 29 ноября 1870 года. Хотя Менделеев работал над ней одновременно со статьей «О месте церия»<sup>24</sup>, графическое выражение Периодического закона, представленное в «Естественной

<sup>22</sup> Mendeleev D. I. Über die Stellung des Ceriums im System der Elemente // Bull. Acad. imper. sci., St.-Petersburg, 1871. T. 16, № 1, col. 45 – 51, tab. (Русск. перевод: Менделеев Д. И. О месте церия в системе элементов // Менделеев Д. И. Периодический закон. Основные статьи / Редакция, статьи и примечания Б. М. Кедрова. М., 1958. С. 59 – 67).

<sup>23</sup> Менделеев Д.И. Естественная система элементов и применение ее к указанию свойств неоткрытых элементов // Менделеев Д. И. Периодический закон. Основные статьи / Редакция, статьи и примечания Б. М. Кедрова. М., 1958. С. 69 – 101; С. 76.

<sup>24</sup> Обе работы построены на материалах, вошедших в неопубликованную статью «К системе элементов».



Естественная система элементов Д. Менделеева

Группы I-VIII (переход из I)

Ряды I-X

Таблица элементов с химическими формулами оксидов и гидратов, атомными весами и названиями элементов.

Рис. 8. Естественная система химических элементов Д. И. Менделеева (опубликована в феврале 1871 года, датирована 29 ноября 1870 года, доложена на заседании РХО 3 декабря 1870 года; все даты по ст. ст.)

системе» является более совершенным и зрелым. Оно было включено Менделеевым во вторую часть первого издания «Основ химии» (1871) (рис. 8). К концу 1870 года Дмитрий Иванович понял, что предельные (высшие) формы кислородных соединений и их свойства определяются не «самими свойствами кислорода» и наличием «граней O<sup>4</sup>»<sup>25</sup>, т. е. особо устойчивой группировки из четырех кислородных атомов (например, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ~ H<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub>; HClO<sub>4</sub> ~ HMnO<sub>4</sub> и т. д.), но «состоянием», т. е., в конечном счете, природой элемента, находящегося в его высших кислородных соединениях.

## ПРИОРИТЕТНЫЙ ВОПРОС

Пока Менделеев занимался поисками наилучшего варианта системы, немецкий химик Лотар Майер (рис. 9) в марте 1870 года опубликовал статью, датированную декабрем 1869 года, и содержащую вариант таблицы элементов очень похожий на «Естественную систему» Менделеева. У Дмитрия Ивановича были подобные варианты короткой формы, но ... только в его черновиках.

Таблица Майера, опирающаяся, главным образом, на зависимость атомных объемов от атомных весов элементов, имела множество недостатков по сравнению с менделеевским «Опытом»: она охватывала 56 элементов из 63 тогда известных, некоторые элементы (скажем, ртуть, рутений, осмий и др.) были расположены неверно. Но вместе с тем, Майер, в от-

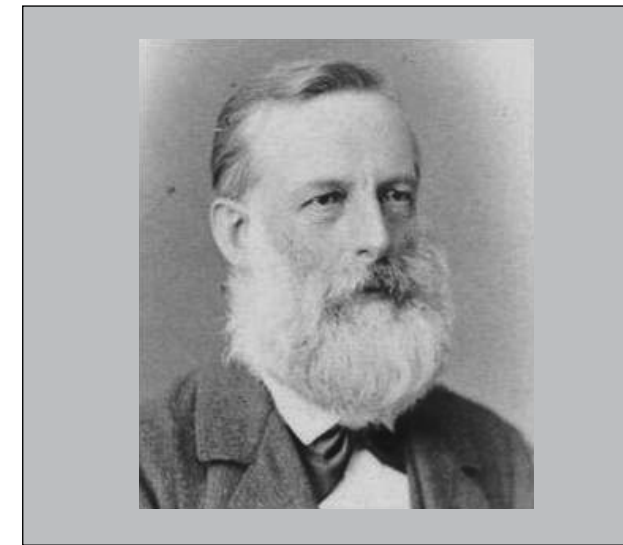


Рис. 9. Юлиус Лотар Майер (1830 – 1895) – немецкий химик, иностранный член-корреспондент Петербургской академии наук с 1890 года. Между ним и Менделеевым в 1880 году разгорелся приоритетный спор, в котором у каждой стороны были свои доводы, заслуживающие внимания. В 1882 году Лондонское королевское общество присудило золотые медали Г. Дэви совместно Менделееву и Мейеру с формулировкой «За открытие периодических соотношений атомных весов». Менделеев на вручении не поехал, но прислал телеграмму с благодарностью, которая заканчивалась словами: «Да узнают будущие поколения русских своих Ньютонов, Дальтонов и Дэви!»

личие от Менделеева, правильно указал место таллия и индия как аналогов бора и алюминия (в «Опыте» таллий оказался аналогом щелочных металлов, а индий с неправильным атомным весом Менделеев переставлял 19 раз и в итоге вообще вынес его на периферию системы в число элементов, место которым еще предстояло определить). Кроме того, в таблице Майера четко выявлены будущие главные и дополнительные подгруппы, чего в «Опыте», как прообразе длинной формы системы, не было.

Здесь уместно сказать несколько слов о приоритетной стороне дела. Прежде чем говорить о том, кто был первым, следует уточнить, о чем (об открытии чего) идет речь. Необходимо различать три понятия: Периодический закон, Периодическая система и

Периодическая таблица<sup>26</sup>. Периодический закон – это закон лежащий в основе систематики элементов и (в формулировке Менделеева) гласящий: «Физические и химические свойства элементов, проявляющиеся в свойствах простых и сложных тел, ими образуемых, стоят в периодической зависимости ... от их атомного веса»<sup>27</sup>. В настоящее время этот закон формулируется несколько иначе (свойства элементов ставятся в периодическую зависимость от заряда ядра), но тем не менее он остается важнейшим законом природы. Периодическая система определяет общие принципы систематизации элементов в соответствии с Периодическим законом. Периодическая таблица – это графическое выражение Периодического закона и системы (в настоящее время существует несколько сотен таблиц элементов).

После этих замечаний можно переходить к обсуждению приоритетных вопросов. Разумеется, наиболее сильным конкурентом русского ученого стал Лотар Майер. Сопоставляя их вклады, следует прежде всего сказать о главном: Майер никогда не говорил о Периодическом законе, только о таблице или о системе элементов. Менделеев же с самого начала говорил и писал именно о фундаментальном законе природе.

Л. Майер не отрицал, что «в численных значениях атомных весов проявляется определенная закономерность (Gesetzmässigkeit)». Однако он полагал, что наблюдаемые отклонения от такой закономерности не могут служить основанием для «произвольного исправления и изменения эмпирически определенных атомных весов»<sup>28</sup>. Заметим, Майер говорит о «закономерности» в изменении атомных весов элементов (скажем, в рядах элементов, расположенных по возрастанию их атомных весов, раз-

<sup>25</sup> Менделеев Д.И. Периодическая законность химических элементов (1898) // Менделеев Д.И. Периодический закон. Основные статьи / Редакция, статьи и примечания Б.М. Кедрова. М., 1958. С. 237 – 273; С. 246.

<sup>26</sup> Иногда понятия Периодическая система и Периодическая таблица фактически отождествляются.  
<sup>27</sup> Менделеев Д.И. Основы химии. Часть II (1-е изд.) // Менделеев Д. И. Соч.: В 25-ти тт. Л.-М., 1934 – 1954. Т. 14 (1949). С. 907.  
<sup>28</sup> Meyer L. Die modernen Theorien der Chemie und ihre Bedeutung für die chemische Statik. Breslau: Maruschke & Berendt, 1864 (1st ed.). S. 139.

ность (Differenz) значений этих величин часто проявляла некоторые закономерные изменения, которые, однако, могли нарушаться) (рис. 10).

«При движении по ряду элементов, выстроенных по возрастанию их атомных весов, — писал Майер

в 1872 году, — мы действительно видим периодичность изменения их [элементов] свойств довольно отчетливо. Между атомными весами элементов одного семейства можно видеть вполне регулярные отношения, хотя разности атомных весов элементов,

	4 werthig	3 werthig	2 werthig	1 werthig	1 werthig	2 werthig
	---	---	---	---	Li = 7.03	(Be = 9.3?)
Differenz =	---	---	---	---	16.02	(14.7)
	C = 12.0	N = 14.04	O = 16.00	Fl = 19.0	Na = 23.05	Mg = 24.0
Differenz =	16.5	16.96	16.07	16.46	16.08	16.0
	Si = 28.5	P = 31.0	S = 32.07	Cl = 35.46	K = 39.13	Ca = 40.0
Differenz =	$\frac{89.1}{2} = 44.55$	44.0	46.7	44.51	46.3	47.6
	---	As = 75.0	Se = 78.8	Br = 79.97	Rb = 85.4	Sr = 87.6
Differenz =	$\frac{89.1}{2} = 44.55$	45.6	49.5	46.8	47.6	49.5
	Sn = 117.6	Sb = 120.6	Te = 128.3	I = 126.8	Cs = 133.0	Ba = 137.1
Differenz =	89.4 = 2 x 44.7	87.4 = 2 x 43.7	---	---	(71 = 2 x 35.5)	---
	Pb = 207.0	Bi = 208.0	---	---	(П = 204?)	---

Рис. 10. Таблица Л. Майера 1864 года

следующих непосредственно друг за другом, похоже, не выражаются простым законом»<sup>29</sup>.

Таким образом, по мнению Майера, нет оснований на основе подмеченных закономерностей исправлять принятые величины атомных весов и предсказывать новые элементы, поскольку межэлементные отношения не выражаются «простым законом».

Подход Менделеева иной: он рассматривал не только арифметические закономерности в нарастании атомных весов, но и (причем, в первую очередь) изменения свойств элементов по мере возрастания их атомных весов. В статье «Естественная система

элементов и применение ее к указанию свойств неоткрытых элементов» Менделеев детально описал свойства трех неизвестных в то время элементов — будущих галлия, скандия и германия. Все эти предсказанные Менделеевым элементы были открыты при его жизни: в 1875 году французский химик П.Э. Лекок де Буабодран получил галлий, в 1879 году шведский химик Л. Нильсен сообщил об открытии скандия (точнее его соединения, в форме простого вещества скандий был выделен только в

<sup>29</sup> Meyer L. Die Modernen Theorien der Chemie und ihre Bedeutung für die chemische Statik. Breslau: Maruschke & Berendt, 1872 (2nd ed.). S. 302 – 303.

1936 году) и в 1886 году немецкий химик К. Винклер открыл германий. Эти открытия стали триумфом Периодической системы.

Поэтому приоритетный вопрос следует решать не на уровне сопоставления «таблиц» элементов, — при таком подходе таблица Л. Майера 1869 года вполне «конкурентоспособна», — но принимая во внимание прежде всего открытие Периодического закона, в чем Менделеев имеет неоспоримую заслугу первооткрывателя. И называть 2019 год Международным годом Периодической таблицы совершенно безграмотно как с исторической, так и с химической точки зрения.

## ДЫРА ОТ СЫРА

В день создания «Опыта» (17 февраля (ст. ст.) 1869 года) Менделеев должен был ехать в Тверскую губернию обследовать сыроварни Н.В. Верещагина (брата известного художника-баталиста). Однако открытие Периодического закона вынудило его отложить поездку на 12 дней, чтобы закончить статью «Соотношение свойств с атомным весом элементов». Когда статья была написана, Менделеев передал рукопись своему коллеге и другу Н.А. Меншуткину (рис. 11) для публикации в «Журнале русского химического общества» и для сообщения о своем открытии на предстоящем заседании этого общества, а сам отправился 1 марта (по ст. ст.) в Тверскую губернию, на сыроварни. Меншуткин просьбу Менделеева исполнил и 6 марта (ст. ст.) сделал от имени последнего сообщение о Периодическом законе (реакции, естественно, никакой, если не считать сказанных позднее слов акад. Н.Н. Зинина «Дмитрий Иванович, пора заняться, работать ...»).

Меншуткин сделал первое публичное сообщение

об открытии Периодического закона от имени Менделеева на заседании Русского химического общества, Санкт-Петербург, 6 марта (по ст. ст.) 1869 года

Вернувшись 12 марта из командировки, Менделеев поинтересовался у Меншуткина, как прошло заседание и тот, как я предполагаю, сообщил, что один из присутствовавших, Ф.Н. Савченков, вспомнил, что недавно английский химик У. Одлинг опубликовал

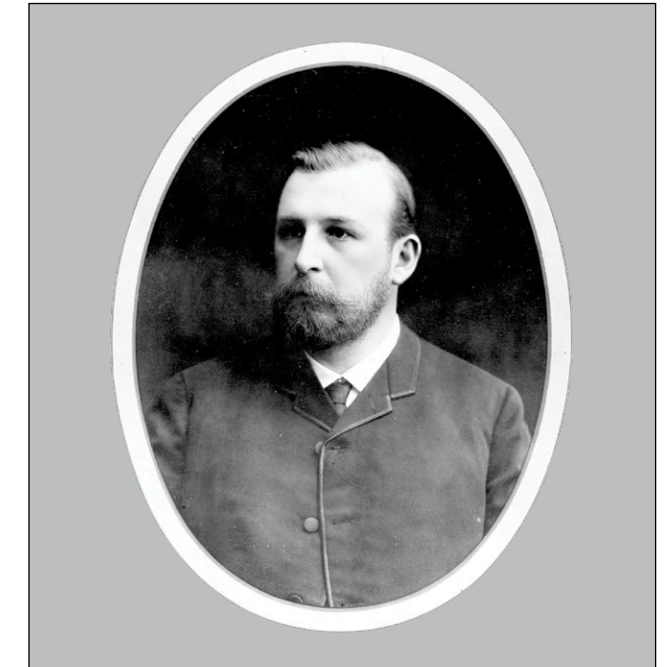


Рис. 11. Николай Александрович Меншуткин (1842 – 1907) — русский химик, основные работы посвящены исследованию скоростей химических превращений органических соединений. Автор учебника «Аналитическая химия» (1871), выдержавшего 16 изданий (последнее — в 1931 году).

похожую таблицу элементов. Вполне возможно, что это сообщение натолкнуло Менделеева на мысль отпечатать сотни полторы листов с «Опытом» и разослать их российским и иностранным химикам. Листки были отпечатаны около 17 марта, 100 экземпляров с русским заглавием и 50 — с французским. Французский заголовок включал имя Менделеева



Музей-квартира Менделеева при СПбГУ. Портреты учителей, друзей и коллег

и даже указание места его работы – Санкт-Петербургский университет. Уже в конце марта 1869 года французский вариант «Опыта» был опубликован в немецком издании: в «Журнале практической химии» (французское заглавие было при этом полностью переведено на немецкий язык)<sup>30</sup>.

Многих историков удивляло поведение Менделеева в марте 1869 года – почему он не воспользовался случаем лично сообщить в Русском химическом обществе о своем открытии, а поручил это сделать Меншуткину? Допустим, тяга к артельным сыроварням оказалась непреодолимой, но можно было выступить по возвращении из Тверской губернии. Менделеев же, вернувшись из поездки 12 марта,

20 марта выступает в Вольном экономическом обществе с докладом... об артельном сыроварении. 10 апреля он вновь выступает публично там же, на этот раз с сообщением о доходности молочного скотоводства и о результатах анализа почв с опытных полей. Создается впечатление, что сельскохозяйственные проблемы волновали его по крайней мере не меньше, чем химические.

Но если вдуматься, ничего удивительного здесь нет. «Опыт» определенно не удовлетворял Дмитрия Ивановича, поскольку был не «естественным», а компромиссным вариантом системы элементов. Не забывал он и о весьма прохладном отношении многих его коллег-химиков к чисто теоретическим и особенно к таксономическим работам. Поэтому, учитывая все эти обстоятельства, Менделеев не торопился выступать с докладом о своем открытии. Но и медлить с публикацией он не мог, хотя бы потому, что вопросами систематики элементов занимались в то время многие. В этой ситуации Менделеев избрал единственно правильную тактику: поскольку доклад в Русском химическом обществе нужен был ему лишь для публикации статьи в «Журнале» Общества, то его друг Меншуткин, отвечавший за издание «Журнала», представлялся в качестве докладчика наиболее подходящей фигурой.

«Минуточку, – непременно остановит меня здесь иной разочарованный читатель, – а где же эпизод “сон Менделеева”?» О том, что Периодическая система приснилась Менделееву во сне впервые рассказал в своих мемуарах известный российский геолог, профессор Санкт-Петербургского университета А.А. Иностранцев, друживший с Менделеевым:

«Как-то я зашел к нему [Менделееву] по какому-то делу и застал его в превосходном настроении; он

<sup>30</sup> История первых публикаций периодической таблицы Менделеева детально изложена в прекрасной книге П.А. Дружинина; Дружинин П.А. Загадка «Таблицы Менделеева»: история публикации открытия Д.И. Менделеевым Периодического закона. М., 2019.

<sup>31</sup> Иностранцев А.А. Воспоминания / Подготовка текста, вступительная статья и комментарии В.А. Прозоровского и И.Л. Тихонова. СПб., 1998. С. 144.

даже шутил, что было крайней редкостью. Это было вскоре после его знаменитого открытия закона периодичности элементов. Я, воспользовавшись этим благодушным настроением Д.И., обратился к нему с вопросом, что натолкнуло его на знаменитое открытие, на что он сообщил, что уже давно подозревал известную связь элементов между собой и что много и долго думал об этом. В течение последних месяцев Д.И. перепортил массу бумаги с целью отыскать в виде таблицы эту закономерность, но ничего не удавалось. В последнее время он усиленно снова занялся этим вопросом и, по его рассказу, был даже близок к этому, но окончательно все-таки ничего не выходило. Перед самым открытием закона Д.И. проводился над искомою таблицею целую ночь до утра, но в ночь ничего не вышло, он с досады бросил работу и, томимый желанием выспаться, тут же в рабочем кабинете, не раздеваясь, повалился на диван

и крепко заснул. Во сне он увидел вполне ясно ту таблицу, которая позднее была напечатана. Даже во сне радость его была настолько сильна, что он сейчас же проснулся и быстро набросал эту таблицу на первом клочке бумаги, валявшемся на его конторке»<sup>31</sup>.

Почему этот рассказ А.А. Иностранцева вызывает сомнения? Во-первых, мемуарист работал над своими воспоминаниями в 1919 году на семьдесят шестом году жизни, т. е. спустя полвека после описываемых им событий. Во-вторых, и это более важно, Менделеев, который любил рассказывать окружающим различные забавные и поучительные истории из своей жизни (были и небылицы), ни разу не упоминал об этом чудесном сне. Как-то не верится, что столь колоритную подробность, касающуюся создания Периодической системы, он рассказал только одному человеку.



Музей-квартира Менделеева при СПбГУ. Библиотека ученого.

# ВОЛЬНЫЙ СЫН ЭФИРА

20 декабря (ст. ст.) 1871 года в рабочем дневнике Менделеева появляется неожиданная запись: «Опыт. Шмидт, Кирпичев и я с насосом Ягно» (рис.12). Зачем Менделееву понадобились насосы? Ведь он открыл Периодический закон, который содержал в себе колоссальный тематический ресурс для дальнейших исследований. Пожалуй, любой исследователь на месте Дмитрия Ивановича, открыв Периодический закон и создав Периодическую

систему, всю свою оставшуюся жизнь посвятил бы главным образом (если не исключительно) совершенствованию форм системы, поискам новых корреляций между разнообразными формами и состояниями простых тел и соединений в свете учения о периодичности и тому подобным вопросам, т. е. просеиванию сквозь сито этого учения всех крупных и мелких фактов и теорий. Таков был бы путь типичного ученого, специалиста-химика. Однако Менделеев, будучи по характеру и разнообразию своих интересов, стилю работы, мегаломании в постановке задач и профетическим наклонностям скорее натурфилософом, нежели ученым (scientist), пусть даже с энциклопедически широким кругозором, пошел по

иному пути.

Периодический закон таил в себе много загадок, «не поддающихся рациональной концепции». Одна из самых глубоких касалась физических причин явления периодичности. Поскольку свойства элементов находились в периодической зависимости от их атомных весов, то, как полагал Менделеев, объяснение природы периодичности «возможно только в смысле динамического представления, могущего и должствующего прежде всего разъяснить самое понятие о весе». Отсюда его интерес к вопросу о «причине веса и притяжения»<sup>32</sup>, а также к свойствам среды, передающей свет и тяготение, т. е. к мировому эфиру. Он был глубоко убежден в том, что «объяснить и выразить периодический закон – значит объяснить и выразить причину закона кратных отношений, различия элементов и их атомности и в то же время понять, что такое масса и тяготение»<sup>33</sup>. Более того, изучение природы мирового эфира открывало путь к постижению природы электрических и магнитных явлений, гравитации и химического сродства, т. е. вело к разгадке самых глубоких мировых тайн, и на этом фоне открытие Периодического закона представлялось Дмитрию Ивановичу лишь ступенью (возможно, не самой крутой) в реализации его великого замысла.

По мнению Менделеева, одним из способов доказательства существования эфира могло быть исследование сильно разреженных газов, ибо в этих условиях свойства «обычного» вещества перестали бы маскировать свойства эфира.

«Уже с 70-х годов, – вспоминал Менделеев, – у меня назойливо засел вопрос: да что же такое эфир

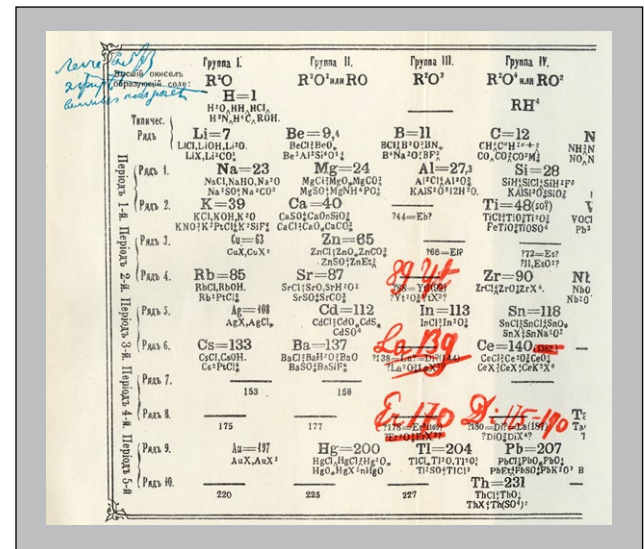


Рис. 13. Фрагмент личного экземпляра Менделеева «Естественной системы химических элементов» с его пометками. В левом верхнем углу перед символом водорода сделана запись о мировом эфире: «Легче всех мировой эфир в миллионы раз»

в химическом смысле? Он тесно связан с периодической системой элементов, ею и возбудился во мне»<sup>34</sup>. На личном экземпляре «Естественной системы» (оттиск из второй части первого издания «Основ», 1871 г.) около символа водорода Менделеев делает запись: «легче всех эфир, в миллионы раз» (рис. 13).

Однако этот цикл его работ не дал сколько-нибудь значимых результатов. Хотя исследования по газам субсидировались Императорским Русским техническим обществом (РТО), благодаря чему у Менделеева появилась уникальная возможность реализовать широко задуманную экспериментальную программу, результаты его усилий оказались более чем скромными, хотя он и обещал РТО поклониться в пояс тому, кто сделал бы больше.

Предложенное же Менделеевым в 1874 году уравнение состояния идеального газа, ныне часто называемое уравнением Клапейрона – Менделеева, к

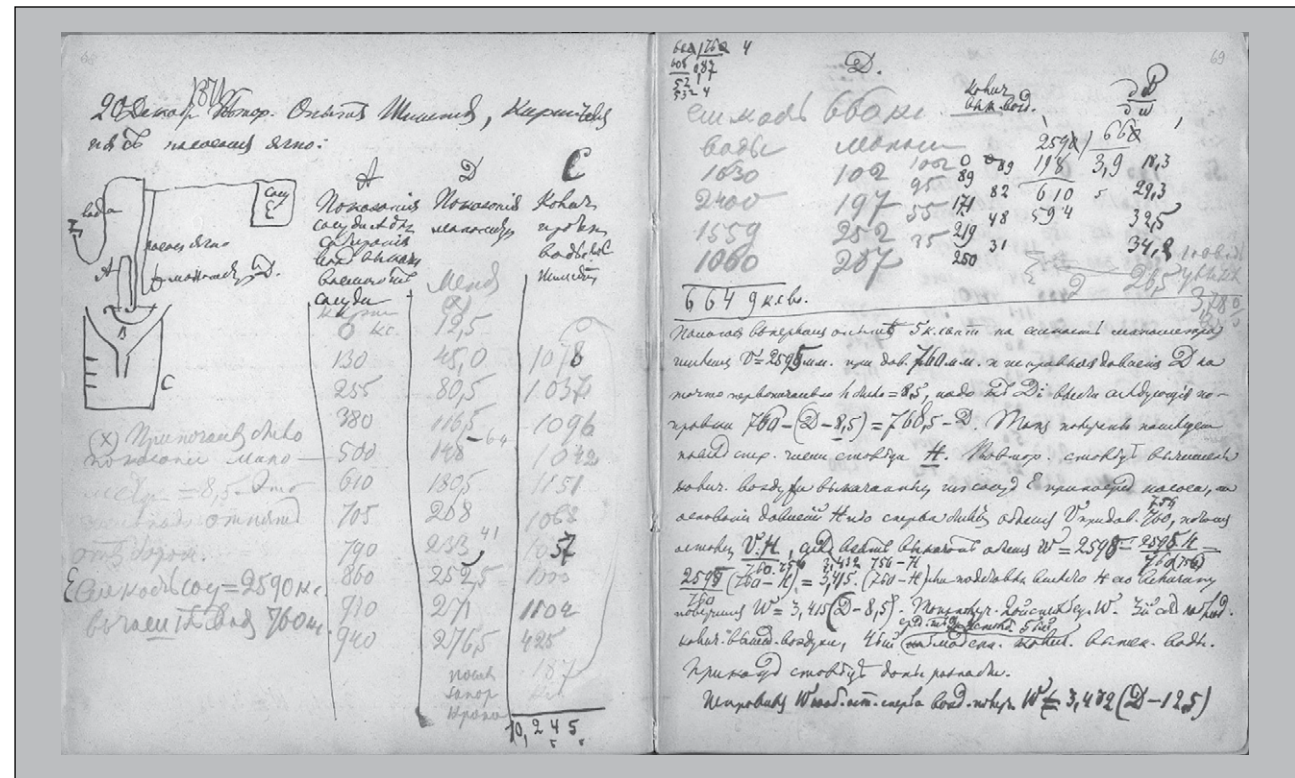


Рис. 12. Фрагмент лабораторной тетради Д.И. Менделеева с первой записью, свидетельствующей о начатых им с помощниками исследованиях газов



Музей-квартира Менделеева при СПбГУ. Шахматы.

тому времени (1874 – 1875 годы) уже использовалось в литературе, а потому его вывод Менделеевым мог иметь лишь методическое значение.

Наконец, – и это главное, – так называемые «положительные отступления» от закона Бойля – Мариотта при очень низких давлениях, которым Менделеев придавал особое значение, полагая, что они свидетельствуют о присутствии мирового эфира, впоследствии не подтвердились.

Кроме того, работе Менделеева препятствовали многие обстоятельства «во внешней обстановке дела»: загруженность другими занятиями (преподавание в Университете, напряженный труд по выпуску второго и третьего изданий «Основ», изучение «нефтяных дел», ведение сельскохозяйственных опытов по поручению Вольного экономического общества и т. д.), смерть в 1875 году его помощника по изучению газов М.Л. Кирпичева, уход в 1877 году ассистентов, заболевание плевритом, неизбрание в

<sup>35</sup> Менделеев Д.И. Из отзыва на работу Н.С. Арнольдова «Попытка объяснить тяготение». // Менделеев Д.И. Периодический закон. Дополнительные материалы / Редакция, статьи и примечания Б.М. Кедрова. М., 1960. С. 436.

<sup>36</sup> Тищенко В.Е., Младенцев М.Н. Дмитрий Иванович Менделеев, его жизнь и деятельность. Университетский период, 1861-1890 гг. / Отв. ред. Ю.И. Соловьев. М., 1993. С. 188.

Академию наук, наконец, семейная драма (развод с первой женой и второй брак). Все эти обстоятельства привели в итоге на рубеже 1870-х – 1880-х гг. к тяжелому психологическому кризису.

Но если ограничиться чисто научной стороной ситуации, то следует сказать, что провал широко задуманной исследовательской программы по физике газов стал для Менделеева сильным ударом. Положение усугублялось тем, что в эти годы физическая химия, к которой он с молодости питал особый интерес, заметно изменила свой характер. Внимание исследователей сконцентрировалось на таких вопросах, как электропроводность и ионные равновесия в растворах, скорость диффузии ионов, электродные потенциалы, химическая кинетика и т.д. В физико-химических работах все шире использовались термодинамические методы, аппарат теории дифференциальных уравнений и т. п. Серьезные изменения намечались и в физике. Все это в целом было непривычно, а подчас и чуждо Менделееву, который корил современную ему научную мысль за то, что она «запуталась в ионах и электронах»<sup>35</sup>. И более всего ему были чужды даже не отдельные идеи и теории (многие из которых он критиковал вполне заслуженно), но сам стиль и строй физико-химических работ новой волны. В результате он оказался в оппозиции многим крупным открытиям в естествознании второй половины XIX в.

Открыв Периодический закон и встав в конце 1871 года перед выбором – заняться далее «химической стороной дела» (к примеру, кропотливыми аналитическими исследованиями редкоземельных элементов, которые он начал было проводить с декабря 1870 года) или же обратиться к поискам физических причин периодичности, – Менделеев, последний великий натурфилософ XIX столетия, пошел по второму пути, который оказался тупиковым. Триумф Периодической системы стал прологом трагического одиночества ее создателя: «я опять очутился один»<sup>36</sup>.

В.В. Еремин

## Д.И. МЕНДЕЛЕЕВ НА ПОЧТОВЫХ МАРКАХ МИРА

В 2019 году мы отмечаем 150-летний юбилей создания Периодической системы элементов Дмитрием Ивановичем Менделеевым (1834-1907). Это выдающееся открытие давно вошло во все школьные учебники химии, благодаря чему имя Менделеева



Рис. 1. Памятник Д.И. Менделееву в Санкт-Петербурге. Скульптор И.Я. Гинзбург, 1932

известно во всем мире. В России было много других выдающихся химиков, физиков, математиков, но ни один из них не достиг такой всемирной славы. Это очень хорошо видно в научной филателии: по числу изображений на почтовых марках Менделеев среди ученых уступает только Эйнштейну, Ньютону, Марии Кюри и, возможно, Рентгену.

Рекордсменом по портретам Менделеева на марках является, конечно, наша страна. В разные периоды истории отечественная филателия отмечала годовщины рождения и смерти ученого, создания Периодической системы. Самые первые марки в виде серии **(1) – (4)** появились в 1934 г. в честь 100-летнего юбилея, который очень широко отмечался в Советском Союзе. На двух марках изображен портрет Менделеева, а на двух других – памятник ученому в Санкт-Петербурге. Памятник интересен по многим причинам. Во-первых, это – единственный памятник Менделееву в городе, где он провел почти всю свою жизнь. Во-вторых, это – единственный памятник в СПб, на котором изображен человек с сигаретой. И, наконец, памятник является талисманом питерских студентов: перед сессией хорошей приметой считается подойти и прикоснуться к нему, поэтому носок ботинка и нос самого Менделеева заметно светлее остальных частей памятника (рис. 1). Фоном на всех марках серии служит Периодическая система, которая тоже необычна: инертные газы в ней расположены в 0-й группе!

Марки периода 1930-х годов – одни из самых дорогих в отечественной филателии. Не стала исключением и «менделеевская» серия. Хотя есть и более дорогие Менделеевы – об этом далее.

В следующий раз выдающийся химик появился на марке в 1951 г. в большой серии «Ученые нашей Родины», которая включала 16 марок. Серия, действительно, охватывала весь цвет отечественной науки прошлых столетий. Кроме Менделеева **(5)**, химия была представлена А.М. Бутлеровым **(6)** и Н.С. Курнаковым, математика – Н.И. Лобачев-

ским и С.В. Ковалевской, физика – А.Г. Столетовым и П.Н. Лебедевым, среди других известных ученых – К.Э. Циолковский и Н.Н. Миклухо-Маклай. Серия вышла большим тиражом – 1 миллион экземпляров, однако, оказалась настолько успешной и востребованной, что через 5 лет напечатали еще один выпуск, преимущественно на экспорт. Новые марки немного отличались от марок первого выпуска более высоким качеством печати и размером изображения. В первом выпуске были очень интересные разновидности марок, связанные с технологией печати. Для передачи полутонов на марках использовалась мелкая растровая сетка. В обычных марках серии «Ученые» элементы сетки имеют форму квадрата (растр КВ), а в значительно более редких разновидностях – горизонтального ромба (растр ГР) (рис. 2). Последние настолько ценятся коллекционерами, что негашеный Менделеев с растром ГР стоит в 200 раз дороже, чем такая же марка с растром КВ, хотя само

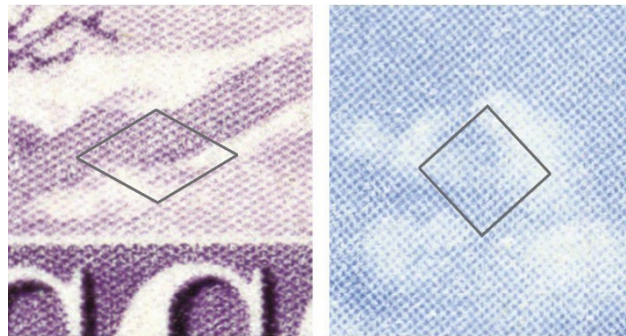


Рис. 2. Растры «квадраты» и «горизонтальные ромбы»

изображение – одинаковое.

В 1957 г. отмечалось 50-летие со дня смерти Д.И. Менделеева. К этому событию была напечатана марка (7) с портретом Д.И. на фоне старого здания Санкт-Петербургского университета (здания Двенадцати коллегий), где сейчас находится Музей-архив Д.И. Менделеева. Эта достаточно обычная

марка уже через год попала в историю филателии. Причиной тому оказался VIII Менделеевский съезд.

Менделеевские съезды – это крупнейшие международные научные мероприятия, посвященные актуальным вопросам химии. Они проводятся в России (сначала в Российской Империи, а затем в СССР и в Российской Федерации), начиная с 1907 г. (года кончины Менделеева). В конце 1958 г. в Советском Союзе планировалось провести очередной, VIII Менделеевский съезд. В честь этого события было решено произвести надпечатки «VIII Менделеевский съезд 1958 г.» на двух ранее выпущенных марках с выдающимися химиками. Надпечатку синего цвета (8) поставили на марку с А.М. Бутлеровым из серии 1951 года, а красного цвета (9) – на «Менделеева» 1957 г. Надпечатки сделали, а съезд перенесли на следующий, 1959 год, в связи с чем было принято решение марки в обращение не выпускать и уничтожить весь тираж. Однако, часть тиража уцелела и попала на филателистический рынок. Как это случилось, стало понятно из записи одного очень известного коллекционера на полях этих марок: «В обращении не была. Ворованная с фабрики». Вот так иногда и появляются раритеты. Точное количество уцелевших марок с надпечатками неизвестно, но их не может быть много, поэтому цена на них очень высокая.

А затем наступил 100-летний юбилей Периодической системы. В 1969 г. ему посвятили блок (10) и марку (11). Обычно Менделеева изображают глубоким старцем с растрепанной шевелюрой и не очень опрятной бородой. Здесь же перед нами предстал мыслитель в расцвете сил и творческой энергии. На блоке изображен самый первый вариант Периодической системы, подготовленный для печати, и указана дата открытия. Марка показывает ученого в процессе работы (работал Менделеев стоя за конторкой, как было принято в то время), а фоном служит фрагмент первой таблицы, на котором сделаны два исправления, предложенные Менделеевым.

Это были последние марки, посвященные Менделееву, в Советском Союзе. Последующие выпуски были сделаны уже в России, и их было всего два. К 175-летию юбилею в 2009 году напечатали почтовый блок (12) довольно большим для нашего времени тиражом 120 тыс. экземпляров. На блоке приведена фотография Д.И. Менделеева, которая была предоставлена Метрологическим музеем Госстандарта России при ВНИИМ им. Д.И. Менделеева, а также изображены эталонные весы фирмы «Неметц» 1895 г., на которых Менделеев проводил метрологические измерения, и друга горного хрусталя из коллекции минералов ученого. ВНИИ Метрологии – это бывшая Главная палата мер и весов, которую Менделеев возглавлял в последние годы своей жизни. На боковой стене здания находится памятник-таблица «Периодическая система химических элементов Д. И. Менделеева» высотой 9 м. В основу памятника положена таблица из последнего прижизненного издания «Основ химии» Д.И. Менделеева. Элементы, открытые при жизни ученого, обозначены в таблице красным цветом; а элементы,



Рис. 3. Мозаичное панно «Периодическая система химических элементов Д. И. Менделеева» в Санкт-Петербурге. В.А. Фролов, 1935.

открытые с 1907 по 1934 гг., – синим цветом. Инертные газы в этой таблице расположены не в VIII группе, как мы привыкли, а в самом начале таблицы, в 0-й группе (рис. 3).

А совсем недавно, в марте 2019 года Почта России отметила 150-летие Периодической системы. Было решено не затруднять себя созданием новой почтовой миниатюры, а воспользоваться уже готовым решением – блоком 2009 года, на который просто поставили две надпечатки (13): «2019 год – Международный год Периодической таблицы химических элементов» и «80 руб.» вместо 15 руб. Как видим, цена блока за 10 лет выросла больше, чем в 5 раз. Кроме того, его выпустили совсем небольшим тиражом – в 30 раз меньше, чем в 2009 г. А для того, чтобы избежать подделок, блок продают только в составе сувенирного набора (14). Разумеется, такой малотиражный «Менделеев» тут же стал очень популярным среди коллекционеров.

Итак, в отечественной филателии Менделеев представлен широко и разнообразно. А как обстоят дела в других странах? Там Менделеев популярен, в первую очередь, у наших бывших союзников по социалистическому лагерю. Так, в Польше Менделеев попал в серию «Великие ученые» (15) в одной компании с Эйнштейном, Ньютоном, Дарвиным, Пастером и Коперником. Болгария и Северная Корея отметили 150-летие со дня рождения (16), (17), а Сербия и Македония – 100 летие со дня смерти Менделеева (18), (19). Последняя марка – довольно необычная: портрет Менделеева на ней размытый и скорее служит фоном, чем основным изображением.

Менделеев относится к всемирно известным ученым, поэтому он часто попадает на марки африканских стран, у которых продажа почтовых марок – существенная часть бюджета. Нередки случаи, когда за год выпускается более 1000 марок, посвященных всем объектам коллекционирования, которые можно придумать, – актерам, спортсменам, политикам, ученым и т.д. Неудивительно, что при таком количе-

стве марок качество портретов обычно страдает и узнать Менделеева можно либо по надписи, либо по характерной бороде, либо по Периодической системе, на фоне которой он изображен. В качестве примера приведем марки Сан-Томе и Принсипи **(20)**, **(21)**, Того **(22)** и блок Сьерра-Леоне **(23)**, целиком посвященный Менделееву. Коллекционеры иногда называют такие марки «фанфиками», но все-таки, они считаются официальными выпусками и попадают в каталоги, тем самым получая определенный статус.

Подробно представлены некоторые сюжеты из жизни Менделеева в серии из двух блоков **(24)**, выпущенных в 2017 году Мальдивскими островами по поводу 110-летия со дня смерти ученого. На блоке из 4 марок показано, как Менделеев придумывает Периодический закон и как толпа студентов Санкт-Петербургского университета окружает Менделеева с вопросами после лекции, изображен знаменитый памятник ученому на фоне дома, в котором он провел последние годы жизни. А вот на другом блоке из одной марки допущена серьезная ошибка, граничащая с бестактностью. Сможете ли вы ее обнаружить?

Отметим, что иногда Периодическая система встречается в филателии и отдельно от своего создателя, например, на марке Испании **(25)**, где представлена четырехцветная схема длинного варианта системы. Что означают цвета отдельных областей, химикам понятно, а вот каков смысл пустых квадратов?

Юбилейный год Периодической системы в самом разгаре, и некоторые страны уже успели отметить почтовыми марками на эту тему. Испания ограничилась тем, что изобразила на марке **(26)** три клеточки с переходными металлами, а вот Алжир достойно отметил вклад Менделеева, поместив портрет ученого рядом с Периодической системой, покрывающей земной шар, и особо выделив 101-й элемент – менделевий **(27)**. Симпатичный блок из четырех

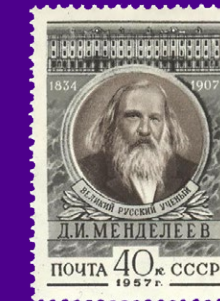
марок выпустила Киргизия **(28)**, поместив портрет ученого вместе с символикой юбилейного года на фоне Периодической системы.

Что ждет нас в будущем? Во-первых, мы ожидаем дальнейшего расширения Периодической системы. В Дубне уже запущен новый ускоритель, с помощью которого, возможно, будут синтезированы 119-й и 120-й элементы. И, конечно, будут новые юбилеи и новые филателистические выпуски, связанные с Дмитрием Ивановичем Менделеевым и созданной им Периодической системой химических элементов.

## МАРКИ



(1-4) СССР, 1934

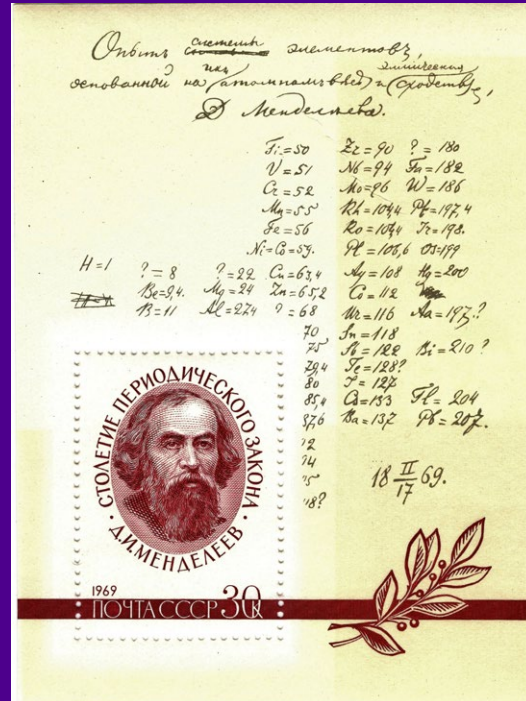


(5) СССР, 1951

(6) СССР, 1951

(7) СССР, 1957

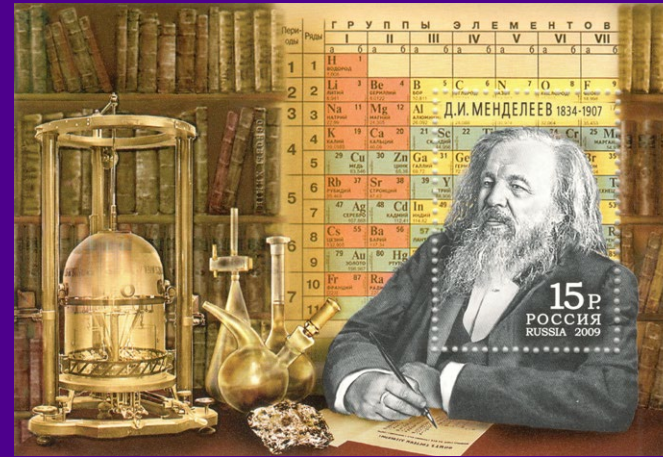
(8-9) СССР, 1958



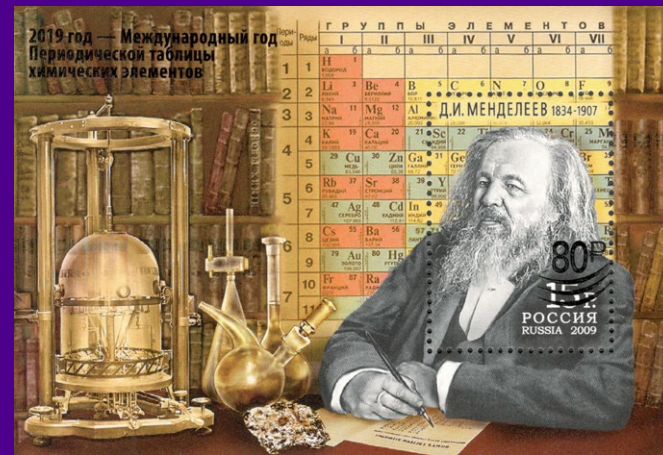
(10) СССР, 1969



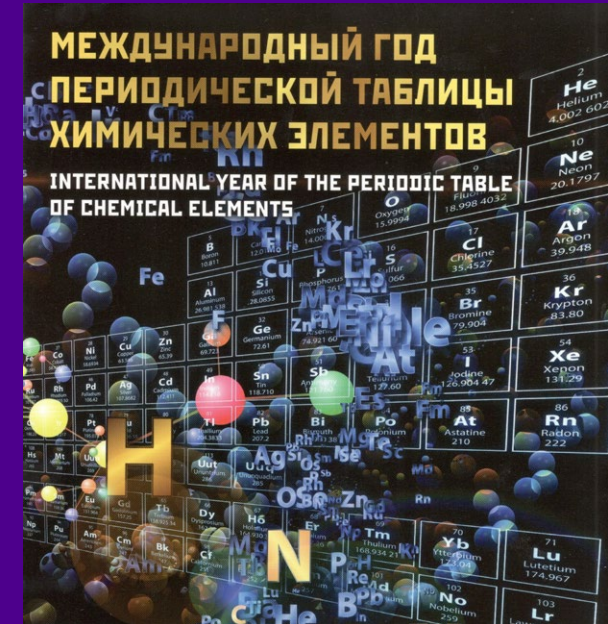
(11) СССР, 1969



(12) Россия, 2009



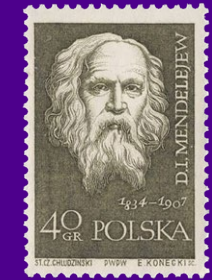
(13) Россия, 2019



(14) Россия, 2019



(17) КНДР, 1984



(15) Польша, 1959



(16) Болгария, 1984

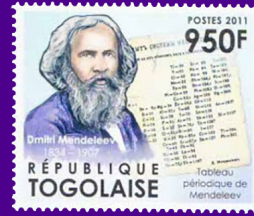


(18) Сербия, 2007

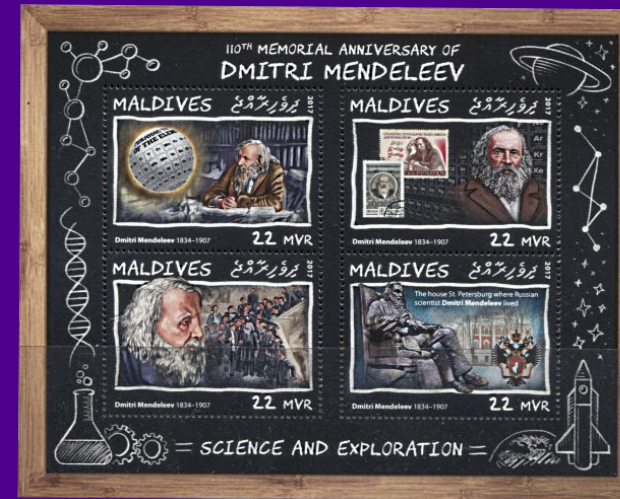




(19) Македония, 2007



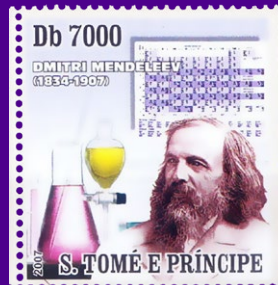
(22) Того, 2011



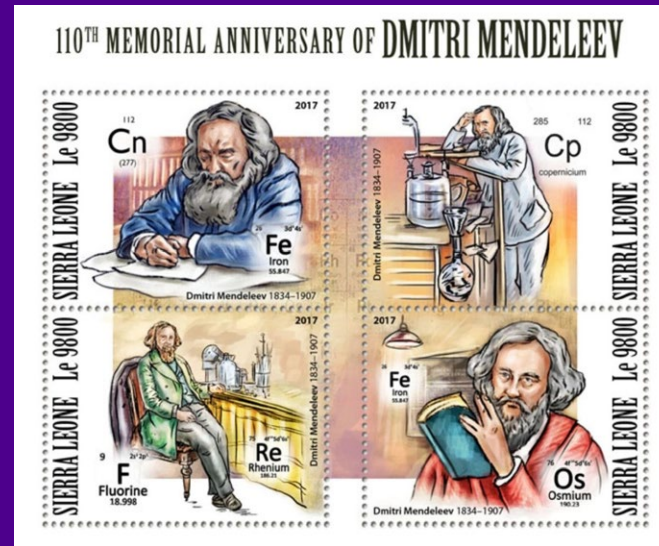
(24) Мальдивы, 2017



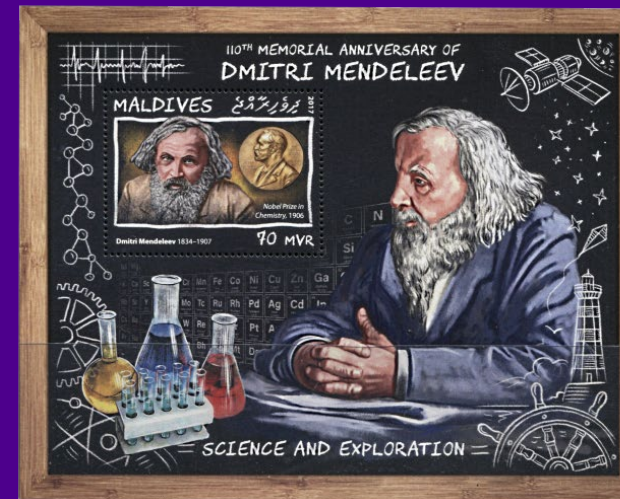
(25) Испания, 2007



(20) Сан-Томе и Принсипи, 2007



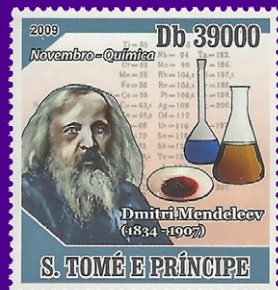
(23) Сьерра-Леоне, 2017



(24) Мальдивы, 2017



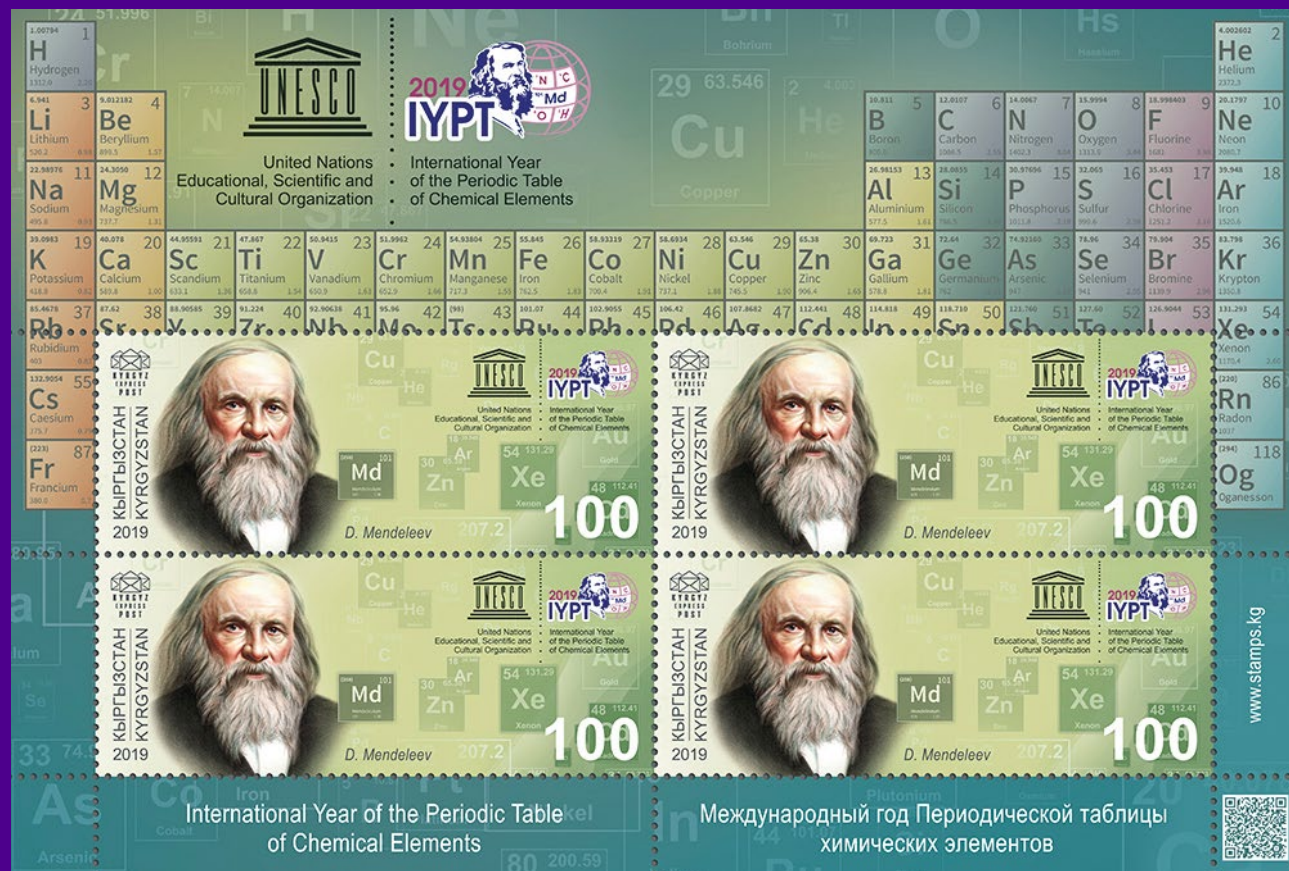
(26) Испания, 2019



(21) Сан-Томе и Принсипи, 2009



(27) Алжир, 2019



(28) Киргизия, 2019

ПЕРИОДЫ	РЯДЫ	А I В		А II В		А III В		А IV В		А V	
		1	1	Н 1,0079 1s <sup>1</sup> Водород							
2	2	Li 6,941 2s <sup>1</sup> Литий	Be 9,01218 2s <sup>2</sup> Бериллий	B 10,81 2s <sup>2</sup> 2p <sup>1</sup> Бор				C 12,011 2s <sup>2</sup> 2p <sup>2</sup> Углерод		N 14 2s <sup>2</sup> 2p <sup>3</sup> Азот	
3	3	Na 22,9898 3s <sup>1</sup> Натрий	Mg 24,305 3s <sup>2</sup> Магний	Al 26,9815 3s <sup>2</sup> 3p <sup>1</sup> Алюминий				Si 28,0855 3s <sup>2</sup> 3p <sup>2</sup> Кремний		P 31 3s <sup>2</sup> 3p <sup>3</sup> Фосфор	
4	4	K 39,0983 4s <sup>1</sup> Калий	Ca 40,08 4s <sup>2</sup> Кальций	Sc 44,9559 3d <sup>1</sup> 4s <sup>2</sup> Скандий				Ti 47,88 3d <sup>2</sup> 4s <sup>2</sup> Титан		V 50,94 3d <sup>3</sup> 4s <sup>2</sup> Ванадий	
	5	29 63,546 3d <sup>10</sup> 4s <sup>1</sup> Медь	Cu 65,39 3d <sup>10</sup> 4s <sup>2</sup> Цинк	Zn 65,39 3d <sup>10</sup> 4s <sup>2</sup> Цинк	Ga 69,72 4s <sup>2</sup> 4p <sup>1</sup> Галлий			Ge 72,59 4s <sup>2</sup> 4p <sup>2</sup> Германий		As 74,92 4s <sup>2</sup> 4p <sup>3</sup> Арсен	
5	6	Rb 85,4678 5s <sup>1</sup> Рубидий	Sr 87,62 5s <sup>2</sup> Стронций	Y 88,9059 4d <sup>1</sup> 5s <sup>2</sup> Иттрий				Zr 91,22 4d <sup>2</sup> 5s <sup>2</sup> Цирконий		Nb 92,91 4d <sup>4</sup> 5s <sup>1</sup> Ниобий	
	7	47 107,868 4d <sup>10</sup> 5s <sup>1</sup> Серебро	Ag 107,868 4d <sup>10</sup> 5s <sup>1</sup> Серебро	Cd 112,41 4d <sup>10</sup> 5s <sup>2</sup> Кадмий	In 114,82 5s <sup>2</sup> 5p <sup>1</sup> Индий			Sn 118,69 5s <sup>2</sup> 5p <sup>2</sup> Олово		Pb 207,2 6s <sup>2</sup> 6p <sup>2</sup> Свинец	
6	8	Cs 132,905 6s <sup>1</sup> Цезий	Ba 137,33 6s <sup>2</sup> Барий	La* 138,905 5d <sup>1</sup> 6s <sup>2</sup> Лантан				Hf 178,49 5d <sup>2</sup> 6s <sup>2</sup> Гафний		Ta 180,948 5d <sup>4</sup> 6s <sup>2</sup> Тантал	
	9	79 196,967 5d <sup>10</sup> 6s <sup>1</sup> Золото	Au 196,967 5d <sup>10</sup> 6s <sup>1</sup> Золото	Hg 200,59 5d <sup>10</sup> 6s <sup>2</sup> Ртуть	Tl 204,383 6s <sup>2</sup> 6p <sup>1</sup> Таллий			Pb 207,2 6s <sup>2</sup> 6p <sup>2</sup> Свинец		Rf 261 6d <sup>2</sup> 7s <sup>2</sup> Рифенберг	
			87 [226] Ra [226] Радий	88 [227] Ac** [227] Актиний							



Сириус

2019