

II. ЮБИЛЕЙ

Reschetilowski Wladimir P.

Решетиловский Владимир Петрович

150th Anniversary of the Periodic Table by Mendeleev: EVOLUTIONARY DEVELOPMENT OF THE GREAT DISCOVERY

Technische Universität Dresden, Dresden, 01062, Deutschland.
e-mail: wladimir.reschetilowski@tu-dresden.de

The United Nations General Assembly declared 2019 the "International Year of the Periodic Table of Chemical Elements" - IYPT 2019. Discovery of the Periodic Table by D.I. Mendeleev in 1869 is one of the most significant achievements of mankind. Due to outstanding knowledge in different fields of sciences, Mendeleev systematized properties of chemical elements, known at that time. He developed the Periodic Table, placing the elements with increasing of atomic weight, and formulated the Periodic Law, which, remained in force for many decades in spite of new development. The multidisciplinary nature of the discovery and extension of the periodic system of elements is considered in the paper.

Keywords: Periodic system, dyad principle, triad rule, octave law, periodicity of properties, atomic structure, alternative forms

К 150летию Периодической таблицы Менделеева: ЭВОЛЮЦИОННОЕ РАЗВИТИЕ ВЕЛИКОГО ОТКРЫТИЯ

Технический университет г. Дрездена, Дрезден, 01062, Германия
e-mail: wladimir.reschetilowski@tu-dresden.de

Организация Объединённых Наций провозгласила 2019 год "Международным годом Периодической таблицы химических элементов" - IYPT 2019. Создание Периодической таблицы Д.И. Менделеевым в 1869 году было названо одним из наиболее значимых достижений человечества. Благодаря незаурядным знаниям в разных областях Менделееву удалось систематизировать свойства известных на тот момент химических элементов. Д.И. Менделеев создал Периодическую систему, расставляя в ней элементы в порядке увеличения их атомного веса и сформулировал Периодический закон, который, не смотря на новые открытия, оставался в силе на протяжении многих десятилетий. В статье рассматривается мультидисциплинарный характер открытия и развития Периодической системы элементов.

Ключевые слова: Периодическая система, принцип диад, правило триад, закон октав, периодичность свойств, строение атома, альтернативные формы

Дата поступления – 11 июня 2019 года

Прошло 150 лет с того дня, как в 1869 году делопроизводитель Русского химического общества Николай Александрович Меншуткин (1842-1907) от имени Дмитрия Ивановича Менделеева (1834-1907) сделал сообщение на мартовском заседании о намерении опубликовать статью «Соотношение свойств с атомным весом элементов» с предлагаемой им Периодической таблицей элементов [1]. По случаю годовщины этого эпохального открытия Организация Объединённых Наций по вопросам образования, науки и культуры объявила 2019 год Международным годом Периодической таблицы – IYPT2019.

Работу над своим «Опытом системы элементов, основанной на их атомном весе и химическом сходстве» Менделеев закончил 17 февраля (1 марта) 1869 года. Об этом свидетельствует рукописный набросок таблицы Менделеева, хранящийся в музее Менделеева в Санкт-Петербурге (рисунок 1). Копия таблицы была отправлена Менделеевым нескольким уважаемым коллегам в России и за рубежом. На тот момент 35-летний Дмитрий Иванович Менделеев был известен только в специальных кругах как химик из Санкт-Петербурга. В это время Менделеев преподавал химию в Императорском Санкт-Петербургском университете, совмещая преподавание на кафедре химии с чтением лекций в Санкт-Петербургском технологическом институте. В 1864 году в Санкт-Петербургском технологическом институте всего в возрасте 30 лет он получил должность профессора и продолжал в нем

чтение лекций до 1872 года (рисунок 2). Готовясь к лекциям и собирая материал для своего учебника "Основы химии", Дмитрий Иванович Менделеев постоянно раздумывал над тем, как систематизировать материал таким образом, чтобы сведения о химических свойствах элементов не выглядели набором отдельных фактов. В процессе подготовки рукописи он всё больше и больше проникался желанием предложить для известных тогда 63 химических элементов «прозрачную» и грамотную в педагогическом и методическом отношении классификацию, что впоследствии и привело его к открытию Периодического закона [2]. Благодаря этому гениальному открытию он стал известен во всём мире. Даже самые ревностные критики вынуждены были признать, что составленная Менделеевым таблица отражает закон природы.

Однако контуры будущей периодической системы начали формироваться ещё задолго до её открытия. Одним из первых предшественников Периодической таблицы элементов был профессор технологии в университете Галле-Виттенберг Йоганн Мейнеке (1781-1823) [3]. Сравнивая молекулярные массы так называемых «диад» барит-стронциан, известняк-талык, кали-натрит, он обнаружил пары элементов, схожих по своему химическому поведению. В трактате «О стехиометрическом значении тела как элементе его принадлежности» в 1819 году он сформулировал «семейства кланов» и, по этому принципу, представил систему упорядочения элементов, основанную на численных

значениях молекулярных масс членов этих семейств. В 1829 году другой немецкий химик Йоганн Вольфганг Дёберейнер (1780-1849), опубликовал трактат под названием «Попытка сгруппировать элементарные

вещества согласно их аналогии», в котором предложил первую научно-обоснованную систему классификации химических элементов – «правило триад» [4, 5].

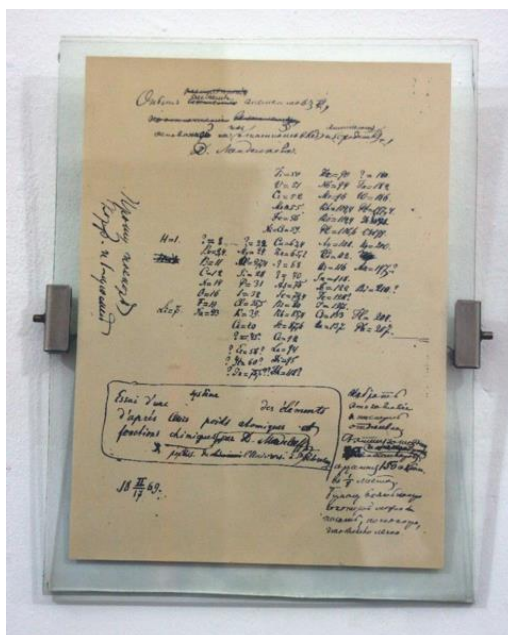


Рисунок 1. Рукописный набросок таблицы Менделеева, хранящийся в музее Д.И. Менделеева в Санкт-Петербурге (<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=57843138>)



Рисунок 2. Профессорско-преподавательский состав во главе с Д.И. Менделеевым и выпускники «Техноложки» 1871 года (Фото: Е.А. Александрова, СПбГИ(ТУ))

Леопольд Гмелин (1788-1853) в 1843 году отказался от ограничения систематизации элементов по правилу триад и предложил расширить её на более чем три элемента с аналогичными свойствами. Макс Петтенкофер (1818-1901) расширил в 1850 году систематику Гмелина на основании обнаруженного им повторяющегося равенства разности атомной массы элементов в разных группах элементов. Впоследствии, в 1857 году, британский химик Уильям Одлинг (1829-1921) впервые опубликовал таблицу - предшественницу Периодической системы, в которой элементы были упорядочены в группах в основном по их химическому сходству. Александр де Шанкуртуа (1819-1886), французский химик и геолог, обнаружил в 1862 году периодичность свойств химических элементов и разработал систему классификации, согласно которой элементы располагались по спирали на цилиндре в соответствии с атомными массами и один над другим в случае элементов с аналогичными свойствами. В 1864 году Джон Ньюлендс (1837-1898), английский химик и фабрикант, обнаружил, что при упорядочении элементов по мере увеличения их атомных масс химические свойства на каждой восьмой позиции повторяются. Сходство с октавами музыки послужило развитию названия «закона октав». Лотар Мейер (1830-1895), немецкий врач и химик, создал систему элементов еще в 1864 и 1868 годах, но опубликовал её только в декабре 1869 года под названием «Природа химических элементов в зависимости от их атомного веса» [6]. Он разместил элементы в таблицу, состоящую из шести основных групп, упорядочив элементы по их атомной массе и валентности.

Трудности всех первопроходцев Периодической системы состояли в том, что тогда значения атомных масс многих элементов были неоднозначными, определением которых занимались физики, в то время как химики увлекались в основном получением новых веществ. И именно здесь Менделеев более глубоко осознал значение своих находок. В упомянутом выше сообщении от 6 марта 1869 г. на собрании Русского химического общества он выдвинул гипотезу о том, что значение атомного веса определяет характер элемента. Он даже имел смелость эмпирически исправить некоторые атомные веса и предсказать существование и свойства новых элементов.

Неоспоримым толчком к интенсивному изучению и систематизации химических элементов послужила основополагающая речь итальянского химика Станислао Канниццаро (1826-1910) на тему «Атомный и молекулярный вес» на химическом конгрессе 1860 года в Карлсруэ, где приняли участие все ведущие химики Европы, в том числе Лотар Мейер и Дмитрий Иванович Менделеев. Менделеев позже писал о стимулирующем вкладе работы Канниццаро в развитие Периодического закона следующее: «Идея периодичности свойств с увеличением атомного веса элементов уже тогда всплыла у меня в голове» [7]. Свою работу над решением этой проблемы он начал, как упоминалось выше, при написании учебника «Основы химии», вышедшего в свет в 1868 году и выдержавшего множество изданий, где он, как он сам писал, должен был «[...] выбрать какую-либо систему простых тел, чтобы не руководствоваться случайными, почти инстинктивными мотивами в их упорядочении, а действовать по определённом принципу». Но сам процесс и время составления Периодической таблицы оставались овеяны легендами в течение многих лет [8]. Российская

историография открытия Менделеевым Периодической таблицы долгое время характеризовалась Бонифатием Михайловичем Кедровым (1903-1985), который проанализировал обширные архивные материалы и опубликовал в 1958 году свою книгу «День одного великого открытия» [9]. По словам Кедрова, Периодическая таблица была результатом внезапного озарения именно 17 февраля 1869 года. Действительно, на основании сохранившихся письменных заметок Менделеева и многочисленных архивных материалов можно восстановить события в день открытия Периодической таблицы [10].

В середине февраля 1869 года Менделеев должен был по просьбе Вольного экономического общества (ВЭО) отправиться в многодневную поездку в Тверскую губернию, где он должен был прочитать лекции для местных производителей сыра, а также осмотреть сыроварочные заводы и внести предложения по их модернизации. Кроме того, его попросили посетить несколько фермерских хозяйств, чтобы доложить ВЭО о развитии сельского хозяйства в этом регионе или представить предложения по коммерциализации. Как раз в день отъезда, то есть 17 февраля (1 марта) 1869 года, Менделеев за завтраком разбирался в деталях предстоящей поездки, он получил два письма: благодарственное письмо от Правления ВЭО за готовность взять на себя тяготы поездки и более или менее личное письмо от профессора Алексея Ивановича Ходнева (1818-1883), управляющего директором и редактора журнала «Труды Вольного экономического общества», в котором он призывал Менделеева пропагировать использование минеральных удобрений в сельском хозяйстве.

До этого, накануне поездки, Менделеев уже в течение многих дней размышлял над «периодичностью» как принципом упорядочения химических элементов: «Все как-то сложилось в моей голове, но я не могу воспроизвести всё это в виде таблицы» [2]. Задумавшись, Менделеев перевернул письмо Ходнева и начал писать на нём химические символы и атомные массы (рисунок 3, слева). Он пробормотал калий ..., хлор ..., хлор ..., калий, записал символы Cl и K. Атомные массы обоих элементов близки друг к другу: хлор 35,5, калий 39. Менделеев начал поиск других аналогично «парадоксальных» пар. Сначала он не был заинтересован в том, чтобы подчеркнуть сходство между элементами, а скорее сравнил различия в атомных массах двух групп химически различных элементов. Сравнение рядов щелочных металлов Na, K, Rb и Cs по атомным массам 23, 39, 85 и 133 с рядом разнородных элементов Be, Mg, Zn и Cd с атомными массами 14, 24, 65 и 112, а также разница их атомных масс 9, 15, 21 и 20 не давали никакой систематики. Химические символы и атомные массы щелочных металлов и галогенов, а также других элементов, он нацарапал как будто вперемешку.

№ 22 - 180
K

Na # Ba
Ca Mg Pb My
Cu My Co Ni Fe Mn
S: D

83	39	85	185
171	24	65	112
19	15	20	21
7	12	32	66

Заметки Менделеева на оборотной стороне письма Ходнева;

Второй раз
Ca=40 Fe=56 Ba=137
F=19 Cl=35.5 K=80 J=178
O=16 S=32 Se=78 Te=128
N=14 P=31 As=75 Sb=122
C=12 Si=28 Zn=65 In=113
H=1 Li=7 Be=9 B=11
Al=27 Cr=52 Mn=55 Fe=56
Co=59 Ni=59 Cu=63 Zn=65
Ga=70 Ge=72 As=75 Se=78
Br=80 Kr=84 Rb=85 Sr=88
Y=89 Zr=91 Nb=93 Mo=96
Ru=101 Rh=103 Pd=106 Ag=108
Cd=112 In=113 Sn=118 Sb=122
Te=128 I=127 Xe=131
Ba=137 La=139 Ce=140 Pr=140
Nd=144 Pm=145 Sm=150 Eu=152
Gd=157 Tb=159 Dy=163 Ho=165
Er=167 Yb=173 Lu=175
Hf=178 Ta=181 W=184 Re=186
Os=190 Ir=192 Pt=195 Au=197
Hg=200 Tl=204 Pb=207 Bi=209
Po=209 At=210 Rn=222
Ac=227 Th=232 Pa=231
U=238 Np=237 Pu=244 Am=243
Cm=247 Bk=247 Cf=251
Es=252 Fm=257 Md=258
No=259 Lr=262

Заметки Менделеева на обороте письма ВЗО [10];

Второй раз
Ca=40 Fe=56 Ba=137
F=19 Cl=35.5 K=80 J=178
O=16 S=32 Se=78 Te=128
N=14 P=31 As=75 Sb=122
C=12 Si=28 Zn=65 In=113
H=1 Li=7 Be=9 B=11
Al=27 Cr=52 Mn=55 Fe=56
Co=59 Ni=59 Cu=63 Zn=65
Ga=70 Ge=72 As=75 Se=78
Br=80 Kr=84 Rb=85 Sr=88
Y=89 Zr=91 Nb=93 Mo=96
Ru=101 Rh=103 Pd=106 Ag=108
Cd=112 In=113 Sn=118 Sb=122
Te=128 I=127 Xe=131
Ba=137 La=139 Ce=140 Pr=140
Nd=144 Pm=145 Sm=150 Eu=152
Gd=157 Tb=159 Dy=163 Ho=165
Er=167 Yb=173 Lu=175
Hf=178 Ta=181 W=184 Re=186
Os=190 Ir=192 Pt=195 Au=197
Hg=200 Tl=204 Pb=207 Bi=209
Po=209 At=210 Rn=222
Ac=227 Th=232 Pa=231
U=238 Np=237 Pu=244 Am=243
Cm=247 Bk=247 Cf=251
Es=252 Fm=257 Md=258
No=259 Lr=262

Заметки Менделеева после «химического пасьянса» с карточками элементов [9]

Рисунок 3.

Именно здесь Менделееву пошли на пользу его энциклопедические знания о химических свойствах каждого элемента, что побудило его не только систематизировать элементы в соответствии с математическим принципом простого равенства результатов вычитания атомных масс, но и сгруппировать их по их свойствам. Поскольку на обороте письма Ходнева не было места, он потянулся к письму Правления Вольного экономического общества, написал на обороте письма сначала дату, 17 февраля 1869 года, а затем набросал две черновые таблички (рисунок 3, в центре). В верхней табличке приведены хорошо распознаваемые горизонтальные ряды с группами элементов, которые упорядочены по сходству их химических свойств и возрастающей атомной массе. Соответствующие группы элементов записывались так, как это делается при арифметическом вычитании, т. е. вертикальные столбцы формировались в направлении уменьшения атомной массы элементов. В итоге, эта процедура привела к двум неполным табличным формам, но и эти наброски всё ещё были больше похожи на картинную головоломку.

Тем не менее Менделеев начал подозревать, что за составленными таким образом группами элементов скрывается определенная закономерность, но в тот момент не мог её сразу правильно распознать. Чтобы облегчить умственную сортировку элементов, Менделеев подготовил индивидуальные карточки для всех известных тогда элементов с химическими символами и атомными массами и начал раскладывать «химический пасьянс», перемещая и сортируя карты на столе по их сходным химическим свойствам и в то же время отслеживать неиспользованные карты, чтобы заполнять образующиеся пробелы. Говорят, что после этой утомительной игры измученный Менделеев погрузился в короткий сон. Но внезапно он проснулся, потому что его карточная игра показалась ему во сне гораздо более гармоничной и логичной. Как он позже рассказывал своему коллеге, секретарю Физико-математического факультета Санкт-Петербургского университета Александру Александровичу Иностранцеву (1843-1919): «Вижу во сне таблицу, где элементы расставлены как нужно. Проснулся, тотчас записал на клочке бумаги, — только в одном месте впоследствии

оказалась нужной поправка» [2]. Теперь Менделеев составил новую таблицу (рисунок 3, справа), в которой он выстроил элементы в вертикальных столбцах не в порядке убывания, а в порядке увеличения атомной массы, а горизонтальные ряды содержали элементы с преимущественно подобными свойствами. Напоследок он обозначил таблицу на русском и французском языках «Опыт системы элементов, основанной на их атомном весе и химическом сходстве», поставил дату 17.02.1869 года, отправил ближе к вечеру в типографию и только потом отправился в командировку в Тверь.

Первая таблица элементов (рисунок 4) и соответствующие выводы были опубликованы уже в начале апреля 1869 г. в первом томе журнала Русского химического общества на русском языке [1] и в журнале *Zeitschrift für Chemie* на немецком языке [11]. Таблица содержала четыре атомные массы элементов, которые были рассчитаны и предсказаны Менделеевым на основе предложенного им правила периодичности. Они заполнили существующие пробелы для еще неизвестных элементов с атомными массами 45, 68, 70 и 180. Кроме того, два элемента $Au=197$ и $Bi=210$, в правильности атомных масс которых Менделеев сомневался, также были отмечены вопросительным знаком, а элементы $Ni=Co=59$ были размещены на одном и том же месте, что позволило уменьшить количество элементов в столбце от Ti до Cu на один. Таким образом, он достиг того же числа элементов в этом столбце, которое соответствовало столбцу от Zr до Ag и от $?=180$ до Hg . Интересно отметить, что в случае теллура и иода Менделеев не расположил элементы по возрастанию атомной массы, а руководствовался сходством элементов по их химическим свойствам. В противном случае теллур оказался бы в группе галогенов, а иод был бы химически сходен с селеном.

Термин «Периодический закон» впервые был использован Менделеевым в статье в журнале Русского химического общества под названием «Естественная система элементов и применение её к указанию свойств неоткрытых элементов» от 29 ноября 1870, в которой он на этот раз с большой уверенностью указал на существование ещё не обнаруженных элементов [12]. В течение года Менделеев работал над дальней-

В основополагающей статье «Периодическая законность химических элементов», опубликованной в августе 1871 года, и вскоре переведённой на немецкий язык [13], Менделеев окончательно сформулировал Периодический закон, который, не смотря на новые открытия, оставался в силе на протяжении многих десятилетий: «Свойства простых тел, а также формы и свойства соединений элементов, а потому и свойства образуемых ими простых и сложных тел, стоят в периодической зависимости от их атомного веса». Более того, этот закон позволял не только систематизировать известные на то время 63 химических элемента, но и прогнозировать свойства ещё неоткрытых элементов.

Рисунок 4. Оригинальная печатная форма Периодической таблицы элементов Д.И. Менделеев, 1869 (<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=39385534>)

Рисунок 5. Классическая короткая форма Периодической таблицы элементов Д.И. Менделеев, 1871 [13]

одурманивает химиков «выдуманным миром чистейших абстракций». А первооткрыватель простого синтеза салициловой кислоты из фенолята натрия и углекислого газа Герман Колбе (1818-1884) назвал Периодическую таблицу Менделеева «чистейшей спекуляцией» [14].

Триумфальный марш Периодической системы Менделеева начался с открытия элемента галлия (в таблице Менделеева экаалюминий) французским химиком Поль Лекок де Буабодраном (1838-1912) в 1875 году в минерале вюрцит. Ему последовал элемент скандий (в таблице Менделеева экабор), обнаружен-

ный в 1879 году шведским химиком Ларсом Нильсоном (1840-1899) в минерале гадолините. Ещё один элемент, предсказанный Менделеевым как экасилиций, должен ждал своего открытия 15 лет. 6 февраля 1886 года немецкий химик Клеменс Винклер (1838-1904) сообщил, что он выделил новый элемент из минерала аргиродита и назвал его германием. Сравнивая отдельные физические и химические свойства экасилиция и его соединений, предсказанные Менделеевым в 1871 году, со свойствами германия, выделенного Винклером пятнадцать лет спустя, можно обнаружить поразительное сходство. Поэтому Винклер мог обоснованно подвести итог по случаю открытия германия: «[...] более поразительного доказательства правильности доктрины периодичности элементов, чем та, которую подразумевает воплощение до сих пор гипотетического «экасилициума», едва ли может существовать [...]» [15]. После того, как элементы, предсказанные Менделеевым, были фактически открыты, и другие пробелы в Периодической таблице заполнены, ученым во всем мире стало ясно, что созданная таблица помогает не только систематизировать химические элементы, но и является графическим выражением фундаментального закона природы, закона периодичности.

На заре XX-го века Периодическая таблица Менделеева претерпела несколько изменений. С одной стороны, это было вызвано исследованиями редких земель, а также радиоактивных веществ, в результате которых был получен целый ряд новых элементов, размещение которых в Периодической таблице было изначально затруднительным. С другой стороны, открытие аргона Уильямом Рамзаем (1852-1916) и Джоном Рэлеем (1842-1919) в 1894 году, а также других так называемых инертных или благородных газов – гелия, криптона, ксенона и неона – заставило пересмотреть строгий порядок Периодической системы. Существование этих газов во время открытия Периодической таблицы не мог предвидеть даже Менделеев. В результате эти элементы были расположены сначала в таблице слева и получили нулевую нумерацию. Позже они составили 8-ю основную группу в краткой таблице, а с 1986 года 18-ю группу в рекомендованной IUPAC таблице длинных форм.

Периодическая таблица должна была пройти дальнейшее испытание в ходе обнаружения радиоактивных элементов и элементов, которые обладали почти одинаковыми свойствами и лишь незначительными различиями в атомной массе. Сомнения Менделеева по поводу теории радиоактивного распада атомов вполне объяснимы. В то время вряд ли кто-то мог себе представить делимость атомов и превращение одних элементов в другие. Поэтому Менделеев не мог дать научного обоснованного объяснения растущим отклонениям от установленного закона периодичности по мере изучения радиоактивности и открытия всё новых элементов, обладавших одинаковыми свойствами, но различной атомной массой. Только после того, как британский химик Генри Мозли (1887-1915) в 1913 году с помощью рентгеновской спектроскопии обнаружил, что существует линейная связь между квадратным корнем характеристической частоты рентгеновского излучения и атомным номером элементов, можно было безоговорочно интерпретировать причины периодичности свойств элементов. С установленным и названным в его честь законом Мозли он мог доказать, что не атомная масса, а атомный номер элементов

определяет правильный порядок в Периодической таблице. Исходя из этого, по традиции Менделеева, Мозли предсказал существование элементов с атомными номерами 43, 61 и 75 (в настоящее время эти элементы известны как технеций, прометий и рений).

В итоге, сформулированный Менделеевым в 1871 году закон о периодической зависимости свойств химических элементов от их «атомного веса» получил существенную поправку и теперь гласит: «Свойства химических элементов, а также форма и свойства простых веществ и соединений, образующихся из них, периодически зависят от их атомного номера». Таким образом, положение элемента в Периодической таблице обусловлено его электронной структурой. Как показал Нильс Бор (1885-1962) в своей теоретической работе по строению атома в начале 1920-х годов, причина периодичности свойств элементов заключается в периодическом повторении строения внешнего электронного уровня атома. Интерпретация Бором закона периодичности дала ей блестящее подтверждение, так же как принцип порядка элементов в соответствии с атомным весом в течение десятилетий поддерживал целесообразность Периодической системы Менделеева.

Этот увлекательный принцип упорядочения химических элементов вдохновил многих исследователей из различных областей естественных наук, техники, культуры и искусства на поиск дальнейших альтернативных форм Периодической таблицы. В настоящее время различными авторами предложено множество вариантов, в том числе веерообразные, пирамидальные, кругообразные, лемнискатные, спиралевидные и даже цветочные формы (рисунок 6), которые значительно отличаются от организации элементов в таблице Менделеева. Некоторые фасады зданий украшены Периодической таблицей, как например на последнем месте жительства Менделеева с 1893 по 1907 год на Московском проспекте 19, в г. Санкт-Петербурге, вместе с памятником, который был открыт 2 февраля 1932 года по случаю 25-й годовщины смерти великого учёного (рисунок 7).

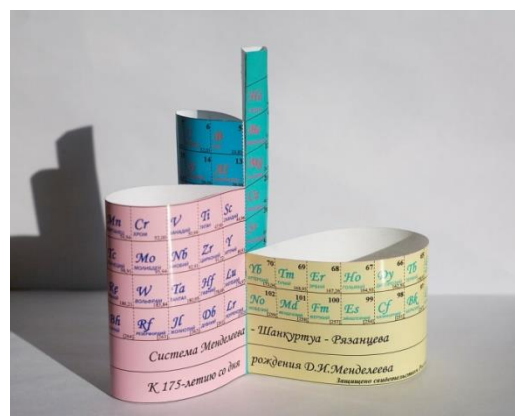


Рисунок 6. Цветочная форма Периодической таблицы (О. Тимохова, 2009).

Элементы представлены в порядке возрастания порядковых номеров в виде венчика из цветочных лепестков, содержащих элементы подгрупп, а также актиноиды и лантаноиды рядом с элементами главных групп, образующих пестик. (<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=9387176>)



Рисунок 7. Памятник Д.И. Менделееву и его Периодическая таблица элементов на фасаде дома последнего места жительства Менделеева с 1893 по 1907 год, Московский проспект, 19, Санкт-Петербург, обнародованный 2 февраля 1932 года по случаю 25-й годовщины смерти (скульптор И.Я. Гинцбург (1859-1939) (Фото: В.П. Решетиловский)

Уже при жизни Менделеев получил много высоких наград. Он был членом 90 зарубежных академий наук, в том числе Прусской академии наук в Берлине. Любопытно, что, несмотря на свою репутацию за границей и на то, что Менделеев был одним из соучредителей Русского химического общества, он никогда не был членом Российской академии наук. Вместе с Лотаром Мейером он получил медаль Дэви в 1882 году и медаль Копли в 1905 году. Элемент с порядковым номером 101, искусственно полученный учеными Калифорнийского университета в 1955 году, был назван по предложению Нобелевского лауреата и соавтора нового элемента Гленна Т. Сиборга (1912-1999) «менделевий» в честь изобретателя Периодической таблицы и получил символ элемента Md. Название и символ были окончательно утверждены IUPAC в 1994 году.

В последнее время Периодическая таблица элементов была дополнена элементами 113 (Ununtrium), 115 (Ununpentium), 117 (Ununseptium) и 118 (Ununoctium), которые завершают 7-й период. С ноября 2016 года они официально утверждены IUPAC и называются: 113 – Нихоний, Nh; 115 – Московий, Mc; 117 – Теннессин, Ts; 118 – Оганесон, Og. 1 декабря 2018 года, к 150-летию великого открытия, IUPAC выпустила укомплектированную Периодическую таблицу. Кто бы мог подумать, что Периодическая система химических элементов, создававшаяся в течение многих десятилетий, так удачно согласуется с библейским изречением царя Соломона: «Бог всё расположил мерою, числом и весом!».

Организация Объединенных Наций по вопросам образования, науки и культуры по праву отметила на официальном открытии Международного года Периодической таблицы 29 января 2019 года в Париже: «Это уникальный инструмент, который позволяет химикам прогнозировать существование, форму и свойства веществ на Земле и в остальной части Вселенной. При этом они и впредь будут сохранять интерес для дальнейшего изучения всех известных 118 элементов –

от водорода с порядковым номером 1 до оганесона с порядковым номером 118».

Благодарность

Автор выражает искреннюю благодарность за оказанную помощь и плодотворное сотрудничество профессору Лотару Бейеру, Лейпцигский университет, профессору Гильермо Рестрепо, Макс-Планк-Институт по математике в естественных науках, г. Лейпциг, а также доценту, д.т.н. Екатерине С. Боровинской, СПбГТИ(ТУ).

Литература

1. Менделеев, Д.И. Соотношение свойств с атомным весом элементов // Журнал Русского химического общества. 1869. Т. 1. С. 60-70.
2. Менделеев, Д.И. Периодический закон. М.: Издательство АСТ, 2018.
3. Krätz O. Meinecke Johann Ludwig Georg // Neue Deutsche Biographie. 1990. Т. 16. S. 660 f. [открыта 13.02.2019].
4. Döbereiner J.W., Versuch zu einer Eingruppierung der elementaren Stoffe nach ihrer Analogie, / J.W. Döbereiner // Ostwalds Klassiker der exakten Wissenschaften, Akad. Verlagsgesellschaft Geest & Portig K.-G. Leipzig, 1983. –Т. – S. 1-8.
5. Beyer L., Abbildungsformen des Periodensystems der Elemente // Naturwissenschaften im Unterricht Chemie. 11. 2000 . S. 125-130.
6. Meyer L. Die Natur der chemischen Elemente als Function ihrer Atomgewichte // Ostwalds Klassiker der exakten Wissenschaften, Akad. Verlagsgesellschaft Geest & Portig K.-G. Leipzig. 1983. Т.68. S. 11-17.
7. Danzer K., Dmitri I. Mendelejew und Lothar Meyer. BSB B.G. Teubner Verlagsgesellschaft, 1974, S. 31.
8. Walden P., Lothar Meyer (1830-1895), Mendelejeff (1834-1907), Ramsay (1852-1916), В книге: Das Buch der großen Chemiker (Hrsg. G. Bugge) Walden P. Band 2. Verlag Chemie: Weinheim, 1961, S. 249.
9. Кедров Б.М. День одного великого открытия Б.М. Кедров. М.: Соцэкгиз, 1958. 560 с.
10. Дмитриев И.С., Научное открытие mstatunascendi // ВИЕТ, 2001. Т. 1.С. 32-82.
11. Mendelejeff D. Ueber die Beziehungen der Eigenschaften zu den Atomgewichten der Elemente // Zeitschrift für Chemie, 1869. Т. 12. 405-406.
12. Менделеев Д.И. Естественная система элементов и применение ее к указанию свойств некоторых элементов // Ж. Рус. Физ.-Хим. О-ва. 1871. Т. 3. 25-56.
13. Mendelejew D.I. Die periodische Gesetzmäßigkeit der chemischen Elemente // Annalen der Chemie und Pharmacie, Supplementband, 1871. Т. 8, 1871. S. 133-229.
14. Великие ученые: Д.И. Менделеев и Периодический закон.
<http://www.alhimik.ru/teleclass/pril/mend01.shtml> (открыта 09.06.2019).
15. Danzer K., Dmitri I. Mendelejew und Lothar Meyer. BSB B.G. Teubner Verlagsgesellschaft, 1974, S. 47.