

УДК 546.11.002.61:661.96:620.9(031)

¹Г.Б. Рязанцев; ²М.А. Хасков, канд. хим. наук; ³Г.К. Лавренченко, доктор техн. наук¹Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Ленинские горы, Химический факультет, Москва, РФ, 119991²Всероссийский научно-исследовательский институт авиационных материалов, ул. Радио, 17, Москва, РФ, 105005³ООО «Институт низкотемпературных энерготехнологий», а/я 188, Одесса, Украина, 65026e-mail: ¹anis-mgu@rambler.ru; ²khaskov@mail.ru; ³lavrenchenko.g.k@gmail.comORCID: ²http://orcid.org/0000-0003-1254-6054; ³http://orcid.org/0000-0002-8239-7587

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПЕРИОДИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ Д.И. МЕНДЕЛЕЕВА

В этом году отмечаются две важные даты: 150-летие открытия Периодического закона и 185-летие со дня рождения его первооткрывателя — Дмитрия Ивановича Менделеева. Он первым увидел в Периодическом законе фундаментальную закономерность природы, а не просто формальную систему классификации химических элементов, которая уже задолго до него, как и сама идея их периодичности, была известна ранее. В периодическом законе им ощущалось единство элементов и сил природы. Поэтому отображающая его Периодическая система воспринималась им единым целым, органично связывающим эмпирически обобщенные химические элементы. В статье останавливаются на двух фактах, относящихся, во-первых, к истории размещения благородных газов в Периодической системе (ПС) химических элементов, во-вторых, к созданию трехмерных версий ПС. Рассматриваются несколько таких версий ПС. Они основаны на ранних работах русского и французского ученых, — Менделеева и де Шанкуртуа, — с сохранением идеи последовательности и непрерывности ряда химических элементов. Полученная трехмерная система напоминает «цветок» с лепестками, которыми являются элементы с вполне определёнными орбитальными квантовыми числами. Система может быть выполнена в различных версиях. Уделено внимание историческому аспекту развития идеи пространственной формы ПС.

Ключевые слова: Периодическая система. Периодический закон. Менделеев. Шанкуртуа. Гамов. Пространственная форма Периодической системы. «Цветок Менделеева».

1. ВВЕДЕНИЕ

Известно, что до общепризнанной даты открытия Периодического закона в 1869 г., различными исследователями рассматривались варианты систематизации элементов от Луи де Морве и Антуана Лавуазье, Жана Дюма и Йоханна Доберайна до Эмиля де Шанкуртуа и Густавуса Хинрича [1]. И это ещё далеко не весь список ученых, чьи работы каким-либо образом способствовали открытию Периодического закона русским учёным Д.И. Менделеевым [2].

Д.И. Менделеев первым увидел в Периодическом законе фундаментальную закономерность природы, а не просто формальную систему классификации химических элементов, которая уже задолго до него, как и сама идея их периодичности, была известна ранее. В Периодическом законе им ощущалось единство элементов и сил природы. Поэтому отображающая его Периодическая система воспринималась им единым целым, органично связывающим эмпирически обобщенные элементы.

По логике развития науки того времени Пе-

риодическая система графически могла быть представлена как Периодическая таблица. Из непрерывного последовательного ряда элементов в порядке возрастания их атомных масс достаточно убедительно просматривались повторяющиеся (по химическим свойствам) блоки, которые, казалось бы, легко можно выделить в периоды и построить таблицу элементов, где все подобные по своим свойствам, размещались бы в одних столбцах (группах).

Но в действительности все оказалось гораздо сложнее. На то время были известны всего 63 химических элемента. Многие ещё не были открыты, а ведь ими позже был занят самый центр созданной Д.И. Менделеевым Системы. Для прогнозирования свойств пока ещё отсутствующих в то время в Периодической системе элементов Д.И. Менделеев создал, как было показано позже, достаточно надежные методы.

При построении Системы он руководствовался принципом расположения элементов по возрастанию атомных масс. Однако от этого принципа ему пришлось в трех случаях отойти. Аргон (атомная масса 39,948) был размещен до калия (39,098), кобальт

(58,9332) — до никеля (58,70), теллур (127,60) — до иода (126,904). Здесь Д.И. Менделеев исходил из всей совокупности свойств, указанных элементов. Позднейшие исследования показали, что выполненное им размещение элементов в Периодической системе оказалось совершенно правильным.

Но и это еще не самое главное. Очень важно, что в непрерывном последовательном ряду элементов повторяющиеся блоки имеют все увеличивающуюся длину. Поэтому периоды получились также разной длины. Совершенно неочевидно, с каких элементов нужно было производить отсчет периода. Конечно, казалось логичным начинать его построение с самого простого и легкого.

Д.И. Менделеев (см. рис. 1) так и сделал, строго придерживаясь принципа последовательности и непрерывности при построении первых Периодических таблиц. Можно с уверенностью сказать, что принцип последовательности и непрерывности в тот момент был основным эвристическим принципом в работе ученого, который еще можно назвать принципом целостности: *«В сущности же все распределение элементов представляет непрерывность и отвечает до некоторой степени спиральной функции»* [3]. И он принес успех и признание во всем мире Д.И.Менделееву и его Периодическому закону. Поскольку Периодическая система, по убеждению ученого, — это единое органично связанное целое, то всякие пропуски и пустоты между элементами категорически недопустимы.



Рис. 1. Дмитрий Иванович Менделеев в 1869 г.

Обратив пристальное внимание на имеющиеся пропуски и пустоты на тот момент, Дмитрий Иванович, подчиняясь логике Периодического закона, предсказал целый ряд новых элементов [4], которые позже были открыты. Также им были уточнены свойства многих элементов, малоизученных на тот момент [4]. Это был истинный триумф, подобных которому было мало в

науке.

Но испытания на «прочность» на этом не закончились. Сам Периодический закон в целом как бы все приняли, но за графическое отображение его борьба шла еще очень долго, а иногда вспыхивает и сейчас. Было предложено много различных вариантов Периодической системы [1, 5]. Даже наступила некоторая усталость у химиков от обилия разных схем. Следует признать, что очень многие современные химики вообще не видят в этом большого смысла. Победил всеобщий релятивизм, который можно кратко выразить словами: не важно, какая форма Периодической системы, важнее понимать смысл Периодического закона. С этим трудно спорить, но надо быть справедливым и отдать должное тому эвристическому принципу, которому мы обязаны открытием самого Закона.

Если даже это будет всего лишь дань истории химии, то и это вполне заслуженно. Многое становится понятным и в научной биографии великого химика. То, что может кому-то показаться курьезом во взглядах Дмитрия Ивановича, становится совершенно ясным и бесспорным.

2. ПРОБЛЕМА «НУЛЕВЫХ» В ПС ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ

Начнем с открытия благородных газов. Д.И.Менделеев предсказал много новых элементов [4], но вот эти газы были неожиданны даже для него. Не сразу он признал это открытие и не без внутренней борьбы. После принятия благородных газов разошелся во взглядах с рядом химиков по поводу их местонахождения в Периодической системе.

Где должны быть расположены благородные газы? Современные химики, не задумываясь, скажут: конечно, в VIII группе (согласно часто используемой так называемой короткой форме) или в XVIII группе (согласно Периодической таблице, рекомендованной ИЮПАК). А Менделеев настаивал на существовании «нулевой» группы. Благородные газы настолько отличались от остальных элементов, что им место было где-то на обочине Системы. Казалось, какая разница, на правом (VIII или XVIII группа) или левом (нулевая группа) краю они будут (нам это кажется совершенно не принципиальным, особенно для того время, когда не знали электронного строения атома), к чему эти споры? Менделеев думал иначе, так как это был принципиальный для него вопрос. Поставить благородные газы справа, это значит получить между водородом и гелием целый ряд пустот.

Это мы сейчас так легко к этому относимся. Для Менделеева это — поиск новых элементов между водородом и гелием. Может, есть галоген легче фтора или еще другие легкие элементы? Их нет, поэтому место благородных газов слева, т.е. в нулевой группе. Тем более и валентность их скорее нулевая. *«Это положение аргоновых аналогов в нулевой группе составляет строго логическое последствие понимания периодического закона»*, — утверждал

стремление расположить все элементы на плоскости, представляющей развертку цилиндра.

С современной точки зрения «Цветок» Менделеева прекрасно описывается квантовой химией, так как лепестки в нём образованы последовательным и непрерывным рядом элементов с одинаковыми главным и орбитальным квантовыми числами.

Представленная версия Периодической системы Менделеева-Шанкуртуа-Рязанцева является целостной, непротиворечивой и естественно вытекает из основного эвристического принципа Д.И. Менделеева и его идеи «телесности», включает также идею спиральности Шанкуртуа без ее недостатков, которые устраняются пространственной многолепестковой формой, предложенной нами (рис. 3).

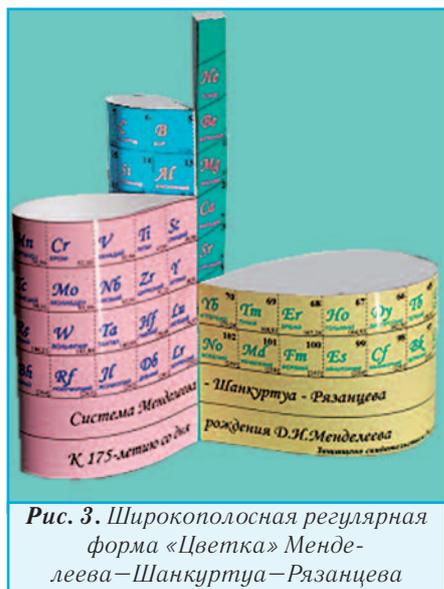


Рис. 3. Широкополосная регулярная форма «Цветка» Менделеева-Шанкуртуа-Рязанцева

Увлечение ботаникой, живописью и личная дружба Д.И. Менделеева со многими выдающимися художниками уже в зрелом возрасте способствовали развитию эстетического начала в воззрениях учёного, что выражалось в неудовлетворённости до конца жизни плоской и искусственной табличной формой Периодической системы.

Трудно было не отдать должное увлечению Д.И. Менделеева ботаникой и в свою очередь не увлечься «цветочной романтикой» с её пышным очарованием. Надеемся, что, несмотря на несовершенство исполнения, нам хоть немного удалось ее передать. Попробуем вернуться к более «педантичным» формам и отойти от «цветочности». Давайте объединим подобные лепестки в цилиндрические поверхности (что отвечает идеи Шанкуртуа), но в отличие от Шанкуртуа мы получим не один цилиндр, а несколько, причём количество цилиндров совпадет с числом орбиталей, т.е. в нашем случае с s -, p -, d - и f -цилиндрами.

Тогда можно получить что-то подобное, изображённое на рис.3. Надо отметить, что после Шанкуртуа об объёмной форме Периодической системы говорили и писали многие выдающиеся ученые, например, академик А. Ферсман (рис. 4) предлагал воздвигнуть монументальный памятник Системе и Д.И. Менде-

леву, а легендарный физик *Георгий Гамов* использовал пространственную форму в своих популярных книгах о науке, например, в книге «One, two, three... infinity» («Один, два, три... бесконечность»)

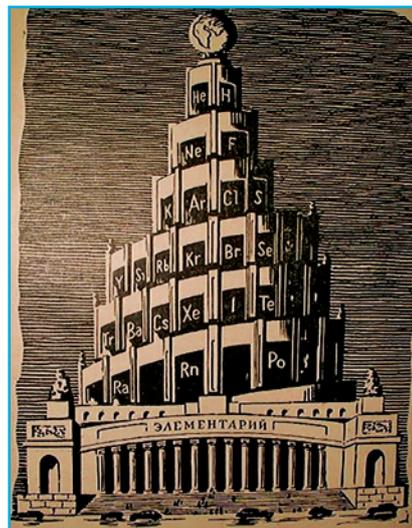


Рис. 4. Проект академика А. Ферсмана

Модели Периодической системы Г. Гамова напоминают структуры, запатентованные *Роем Александером* [12]. Однако они были предложены и опубликованы ранее. Поэтому приоритет принадлежит именно Гамову, а не Александеру.

Наш «Цветок» Менделеева, в принципе, похож на модели Гамова и Александера. Однако ему свойственны существенные отличия: s - и p -элементы у нас образуют отдельные самостоятельные лепестки (предыдущие авторы объединяли их в один цилиндр). Ввиду этого и в нашей версии все лепестки выходят из одной оси (линии «роста»).

Предлагаемая нами широкополосная регулярная форма более удобна в практическом использовании, но все-таки и здесь «цветочность» упорно остается. Тогда сделаем форму более прямоугольной путем сжатия цилиндров в плоскости (рис.5).



Рис. 5. Табличная пространственная форма «Цветка» Менделеева

ла) пространственной системы.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Mazurs E.G.** Graphical Representations of the Periodic System During One Hundred Years. — Alabama: University of Alabama Press, 1974. — 224 p.

2. **Менделеев Д.И.** Соотношение свойств с атомным весом элементов // Журнал Русского химического общества. — 1969. — Т. 1. — С. 60-77.

3. **Mendelejeff D.** Die periodische Gesetzmässigkeit der chemischen Elementen (in German) // Annalen der Chemie und Pharmacie (VIII Supplementband). — 1871. — S.133-229.

4. **Менделеев Д.И.** Естественная система элементов и ее использование при прогнозировании свойств неоткрытых элементов // Журнал Российского химического общества. — 1871. — №3 (2). — С. 25-56.

5. http://www.meta-synthesis.com/webbook/35_pt/pt_database.php.

6. **Менделеев Д.И.** Попытка химической концепции эфира. — С.-Петербург: Типография Фролова, 1905. — 40 с.

7. **Кедров Б. М., Ченцова Т. Н.** Браунер — сподвижник Менделеева. — М.: Изд-во АН СССР, 1955. — 125 с.

8. **Менделеев Д. И.** Основы химии / 8-е изд. — С.-Петербург: Типография Фролова, 1906. — 814 с.

9. **Семишин В.И.** Периодическая система химических элементов Д.И.Менделеева. — М.: Химия, 1972. — 188 с.

10. **Менделеев Д.И.** Периодический закон химических элементов // Энциклопедический словарь Брокгауза и Эфрона. — 1898. — Т. 23. — С. 45.

11. **Beguyer de Chancourtois M.** Mémoire sur un classement naturel des corps simples ou radicaux appelé vis tellurique (in French) // Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des sciences. — 1862. — Т. 4. — P.757-761.

12. **Alexander R.** Three dimensional symbolic arrangement of the elements / US Patent 3,581,409, June 1, 1971.

13. **Possidento W.** Vexing vanes: chemistry puzzle and teaching device / US Patent 0,072,045, June 13, 2002.

14. **Janet C.** Considération sur la structure du noyau de l'atome (in French) // Beauvais Imprimerie de la partie mentale de l'oise. — 26, Décembre 1929. — P.38-40.

15. http://en.wikipedia.org/wiki/Extended_periodic_table.

16. **Рязанцев Г.Б., Хасков М.А.** Две парадигмы Периодической системы: модели Бора (монадная) и диадная электронного строения атома // Труды конференции «Ломоносовские чтения». — М.: Химия, 2009. — 8 с.

17. <http://www.perfectperiodictable.com/>

¹Г.Б. Рязанцев; ²М.О. Хасков, канд. хім. наук; ³Г.К. Лавренченко, доктор техн. наук

¹Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Ленинские горы, Химический факультет, Москва, РФ, 119991

²Всероссийский научно-исследовательский институт авиационных материалов, вул. Радио, 17, Москва, РФ, 105005

³Институт низкотемпературных энерготехнологий, а/с, 188, Одеса, Україна, 65026

e-mail: ¹anis-mgu@rambler.ru; ²khaskov@mail.ru; ³lavrenchenko.g.k@gmail.com

ORCID: ²<http://orcid.org/0000-0003-1254-6054>; ³<http://orcid.org/0000-0002-8239-7587>

УДОСКОНАЛЕННЯ ПЕРІОДИЧНОЇ СИСТЕМИ ХІМІЧНИХ ЕЛЕМЕНТІВ Д.І. МЕНДЕЛЄЄВА

В цьому році відзначаються дві важливі дати: 150-річчя відкриття Періодичного закону і 185-річчя з дня народження його першовідкривача — Дмитра Івановича Менделєєва. Він першим побачив в Періодичному законі фундаментальну закономірність природи, а не просто формальну систему класифікації хімічних елементів, яка вже задовго до нього, як і сама ідея їх періодичності, була відома раніше. У періодичному законі їм відчувалась єдність елементів і сил природи. Тому Періодична система, що його відображає, сприймалася ним єдиним цілим, що органічно зв'язує емпірично узагальнені хімічні елементи. У статті зупиняються на двох фактах, що відносяться, по-перше, до історії розміщення благородних газів в Періодичній системі (ПС) хімічних елементів, по-друге, до створення трьохвимірних версій ПС. Розглядаються кілька таких версій ПС. Вони засновані на ранніх роботах російського і французького вчених, — Менделєєва і де Шанкуртуа, — зі збереженням ідеї послідовності і безперервності ряду хімічних елементів. Отримана трьохвимірна система нагадує «квітку» з пелюстками, якими є елементи з цілком певними орбітальними квантовими числами. Система може бути виконана в різних версіях. Приділено увагу історичному аспекту розвитку ідеї просторової форми ПС.

Ключові слова: Періодична система. Періодичний закон. Менделєєв. Шанкуртуа. Гамов. Просторова форма Періодичної системи. «Квітка Менделєєва».

¹**G.B. Ryazantsev**; ²**M.A. Khaskov**, Candidate of Chemical Sciences; ³**G.K. Lavrenchenko**, Doctor of Technical Sciences;

¹Moscow State University named after M.V. Lomonosov, Lenin Hills, Chemical Faculty, Moscow, Russia, 119991

²All-Russian Research Institute of Aviation Materials, Radio str., 17, Moscow, Russia, 105005

³Institute of Low-Temperature Energy Technologies, POB 188, Odessa, Ukraine, 65026

e-mail: ¹anis-mgu@rambler.ru; ²khaskov@mail.ru; ³lavrenchenko.g.k@gmail.com

ORCID: ²<http://orcid.org/0000-0003-1254-6054>; ³<http://orcid.org/0000-0002-8239-7587>

IMPROVEMENT OF THE PERIODIC SYSTEM OF CHEMICAL ELEMENTS OF D.I. MENDELEYEV

This year there are two important dates: the 150th anniversary of the opening of the Periodic Law and the 185th anniversary of the birth of its discoverer, Dmitri Ivanovich Mendeleev. He was the first to see in the Periodic Law a fundamental regularity of nature, and not just a formal system of classification of chemical elements, which, long before it, like the very idea of their periodicity, was previously known. In the periodic law he felt the unity of the elements and forces of nature. Therefore, the periodic system reflecting it was perceived by him as a single whole, organically linking empirically generalized chemical elements. The article dwells on two facts relating, firstly, to the history of the placement of noble gases in the Periodic System (PS) of chemical elements, and secondly, to the creation of three-dimensional versions of PS. Several such versions of PS are considered. They are based on the early works of Russian and French scientists, Mendeleev and de Chancourtois, while preserving the idea of consistency and continuity of a number of chemical elements. The resulting three-dimensional system resembles a "flower" with petals, which are elements with well-defined orbital quantum numbers. The system can be made in different versions. Attention is paid to the historical aspect of the development of the idea of the spatial form of PS.

Keywords: Periodic system. Periodic law. Mendeleev. Shankur-tua. Gamow. The spatial form of the periodic system. «Mendeleev's flower»

REFERENCES

1. **Mazurs E.G.** (1974). Graphical Representations of the Periodic System During One Hundred Years. — Alabama: University of Alabama Press. — 224 p.
2. **Mendeleev D.I.** (1969). The ratio of properties with the atomic weight of elements // Journal of the Russian Chemical Society. — T. 1. — P. 60-77. (Rus.).
3. **Mendelejeff D.** (1871). Die periodische Gesetzmäßigkeit der chemischen Elementen // Annalen der Chemie und Pharmacie (VIII Supplementband). — P.133-229. (Ger.).
4. **Mendeleev D.I.** (1871). The natural system of elements and its use in predicting the properties of undiscovered elements // Journal of the Russian Chemical Society. — №3 (2). — P. 25-56. (Rus.).
5. http://www.meta-synthesis.com/webbook/35_pt/pt_database.php.
6. **Mendeleev D.I.** (1905). Attempt chemical concept of ether. — St. Petersburg: Frolov Printing House. — 40 p.
7. **Kedrov B.M., Chentsova, T.N.** (1955). Browner — Mendeleev's associate. — M.: Publishing house AS USSR. — 125 p. (Rus.).
8. **Mendeleev D.I.** (1906). Basics of Chemistry / 8th ed. — S.-Peterburg: Frolova Printing House. — 814 p. (Rus.).
9. **Semishin V.I.** (1972). Periodic system of chemical elements D.I. Mendeleev. — M.: Chemistry. — 188 p. (Rus.).
10. **Mendeleev D.I.** (1898). Periodic law of chemical elements // Encyclopedic dictionary of Brockhaus and Efron. — T. 23. — P. 45. (Rus.).
11. **Beguyer de Chancourtois M.** (1862). Mémoire sur un classement naturel des corps simples ou radicaux appelé vis tellurique // Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des sciences. — T.4. — P. 757-761. (Fr.).
12. **Alexander R.** (1971). Three dimensional symbolic arrangement of the elements / US Patent 3,581,409, June 1.
13. **Possidento W.** (2002). Vexing vanes: chemistry puzzle and teaching device / US Patent 0,072,045, June 13.
14. **Janet C.** (1929). Considération sur la structure du noyau de l'atome // Beauvais Imprimerie de la part mentale de l'oise. — 26, Décembre. — P. 38-40. (Fr.).
15. http://en.wikipedia.org/wiki/Extended_periodic_table.
16. **Ryazantsev G. B., Haskov M. A.** (2009). Two paradigms of the Periodic system: the Bohr model (monadic) and the dyadic electronic structure of the atom // Proceedings of the conference "Lomonosov's readings". — M.: Chemistry. — 8 p. (Rus.).
17. <http://www.perfectperiodictable.com/>