

ФАКТЫ, КОММЕНТАРИИ, ЗАМЕТКИ

АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ ВАРИАНТЫ ПЕРИОДИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ

МИХАЙЛОВ Олег Васильевич – д-р хим. наук, проф., Казанский национальный исследовательский технологический университет. E-mail: olegmkhlv@gmail.com

***Аннотация.** Обсуждаются вопросы использования различных «табличных» вариантов периодической системы – т.н. «короткопериодического», предложенного Д.И. Менделеевым, и т.н. «длиннопериодического», предложенного А. Вернером и рекомендованного Международным союзом по чистой и прикладной химии (IUPAC), – при изучении химических дисциплин. Отмечены преимущества и недостатки этих вариантов и констатируется, что в настоящее время в российском химическом образовании студенты, как правило, пользуются «короткопериодическим» вариантом. Предложена модификация табличного варианта Периодической системы химических элементов, нацеленная на преодоление недостатков этих двух наиболее употребительных в настоящее время вариантов интерпретации периодического закона Д.И. Менделеева, которая вполне может быть использована в учебном процессе.*

***Ключевые слова:** химическое образование, учебный процесс, периодическая система, короткопериодический вариант, длинопериодический вариант*

***Для цитирования:** Михайлов О.В. Альтернативные варианты периодической системы химических элементов в учебном процессе // Высшее образование в России. 2016. № 5 (201). С. 156–160.*

В педагогической практике издавна сложилось весьма справедливое и в то же время простое правило: трактовка любой позиции в преподаваемой дисциплине, будь то явление, закономерность или же свойство, не говоря уже о терминологии, должна опираться на уже сложившуюся в данной дисциплине совокупность принципов, положений и методических подходов. Однако в процессе преподавания практически любой дисциплины, как естественнонаучной, так и технической и гуманитарной, нередко возникает непростая ситуация, связанная с неоднозначностью интерпретации тех или иных аспектов содержания, – в силу либо отсутствия их научного понимания вообще (как было в свое время с объяснением феномена сверхпроводимости или причин гибели минойской цивилизации), либо существования конкурирую-

щих позиций (как это ныне имеет место в отношении т.н. «таинственных явлений человеческой психики» или же оценки роли Николая II в истории России). Иногда случается так, что преподавателям тех или иных дисциплин просто навязывается кем-либо со стороны некая официальная точка зрения, которая даже при беглом взгляде вызывает не то что большие сомнения в ее корректности, но даже внутренний протест, причем как со стороны самих преподавателей, так и со стороны тех, кого они обучают; это особенно проявляется в сфере гуманитарных и общественных наук. Однако бывает и так, что у обучающихся по той или иной дисциплине появляется возможность относительно свободного выбора какого-либо варианта из ряда возможных; об одной из таких любопытных ситуаций, которая ныне имеет место в пре-

подавании ключевой естественной науки — химии, и пойдет речь в настоящей статье. Поговорим о Периодическом законе и связанной с ним системе химических элементов, точнее — о ее различных вариациях.

Хотя Периодический закон, открытый почти 140 лет назад Д.И. Менделеевым, относится к числу основных законов физики, а не химии, его роль в учебно-образовательном процессе при усвоении содержательной части современной общей, неорганической и аналитической химии не подлежит никакому сомнению. Примечательно, что до сих пор этот закон не имеет адекватного математического отображения. В связи с этим обстоятельством к настоящему времени физиками и химиками было предложено множество различных вариантов его наглядного отображения, среди которых имеются как двумерные, так и трехмерные. В российском высшем образовании и в учебно-образовательном процессе, однако, «прижились» лишь два двумерных табличных варианта — т.н. *короткопериодический*, предложенный самим первооткрывателем Периодического закона, и *длиннопериодический*, предложенный знаменитым швейцарским химиком Альфредом Вернером (Нобелевским лауреатом по химии 1913 г.). Именно об этих двух вариантах и пойдет речь в настоящей статье.

В рамках *короткопериодического варианта* периодической системы элементов (ПСЭ) все известные в настоящее время химические элементы (ХЭ) сведены в специальную таблицу, содержащую *восемь групп* и *семь периодов*. При этом в собственно таблице находятся лишь т.н. *s*-, *p*- и *d*-ХЭ, причем в каждой из этих восьми групп имеется по две их категории: *s*- и *d*- (в I и II группах) или *p*- и *d*- (в III – VIII группах); все же *f*-ХЭ (лантаноиды и актиноиды) *вынесены за пределы таблицы* в виде отдельных «приложений». Так, алюминий и скандий (III группа) имеют сокращенные электронные конфигурации $3s^2 3p^1$ и $4s^2 3d^1$,

германий и гафний (IV группа) — $4s^2 4p^2$ и $6s^2 5d^2$, астат и технеций (VII группа) — $6s^2 6p^5$ и $5s^2 4d^5$ и т.д. Заметим, что у перечисленных пар ХЭ оказываются одинаковыми и максимальные степени окисления. Последний, седьмой, период, согласно современным теоретическим представлениям, должен заканчиваться ХЭ с атомным номером 118 и, следовательно, пока еще не может считаться заполненным до конца (в настоящее время достоверно установлено существование лишь 117 ХЭ). В данном табличном варианте Периодического закона номера групп ХЭ имеют определенный физический смысл — в большинстве случаев он может быть ассоциирован с общим числом электронов у *сокращенной электронной конфигурации* конкретного атома. Правда, для ХЭ, «приписанных» в рамках *короткопериодического варианта* к VIII группе, количество этих «внешних» электронов может и не быть одинаковым; так, у первого из этих элементов (железа) таковых электронов 8 ($4s^2 3d^6$), у кобальта — 9 ($4s^2 3d^7$), а у никеля — 10 ($4s^2 3d^8$).

В рамках *длиннопериодического варианта* ПСЭ те же самые *s*-, *p*- и *d*-элементы располагаются в виде таблицы, содержащей *восемнадцать групп* и те же самые *семь периодов*, а *f*-элементы находятся в виде все тех же «приложений». Однако в каждой из групп находится только одна разновидность ХЭ: *s*-элементы — в 1 и 2 группах, *p*-элементы — в 13–18 группах, *d*-элементы — в 3–12 группах. Номер группы, в которой находится тот или иной ХЭ, с электронной конфигурацией его атома в подавляющем большинстве случаев никак не стыкуется. Более того, в *длиннопериодическом варианте* ПСЭ номера групп вообще трудно сопоставить с каким-либо конкретным параметром ХЭ.

Обращает на себя внимание то обстоятельство, что Менделеев с помощью своего *короткопериодического варианта* предсказал существование около *десяти* неизвестных на тот момент ХЭ, хотя, по суще-

ству, никакой теории строения атома в его время не было. Вернер же с помощью своего *длиннопериодического* варианта не смог предсказать существования *ни одного* нового ХЭ, хотя и предсказывать ему было что, и теория строения атома *в его время* была уже в достаточно развитом состоянии.

Одним из важнейших критериев целесообразности практического использования того или иного фрагмента научного знания в учебном процессе является его *удобство*, прежде всего – для *обучающихся* лиц. В нашем случае показателем этого является такой фактор, как компактность. И как нетрудно заметить, таблица ХЭ в рамках первого варианта ПСЭ оказывается гораздо более компактной, нежели в рамках второго. Тем не менее главный международный орган химиков – Международный Союз по чистой и прикладной химии (IUPAC, ИЮПАК) в свое время настоятельно рекомендовал использовать как в научной литературе, так и в образовательном процессе именно *длиннопериодический* вариант [2; 3]. Чем бы ни руководствовалась столь авторитетная организация, ее рекомендации не остались незамеченными. В системе образования западных стран *длиннопериодический* вариант ПСЭ весьма быстро занял главенствующее положение. Что же касается нашего образовательного стандарта по химическим дисциплинам, то в нем на данный момент официально не прописано какого-либо предпочтения тому или иному из вариантов, а раз так, то как у преподавателей этих дисциплин, так и у студентов есть право выбора. (Во всяком случае, пока). И они выбирают – причем практически единодушно (об этом выборе мы скажем уже в конце нашего повествования).

Как нетрудно заметить, достоинством короткопериодического варианта ПСЭ является компактность, недостатком – наличие двух «приложений». Для преодоления этого недостатка можно предложить

два «гибридных» варианта между *короткопериодическим* и *длиннопериодическим*. Первый из них – это формально-логическое развитие длинопериодического варианта, в рамках которого в собственно таблицу вносятся и *f*-элементы; в данном варианте (который по аналогии с предыдущими можно назвать *супердлиннопериодическим*) будут уже *тридцать две группы* и все те же *семь периодов*, «приложения» же исчезнут. Однако ПСЭ в таком варианте, как нетрудно заметить, станет еще менее компактной, и едва ли такой вариант получит сколько-нибудь значительное распространение. Кроме того, следует учитывать, что уже в ближайшие годы химии и физики могут стать свидетелями пополнения существующего массива химических элементов представителями *еще одной категории* химических элементов, а именно *5g*-элементов (т.н. октадеканидов), каковых согласно современной теории строения атома должно быть ни много ни мало 18. А значит, в каждый из указанных табличных вариантов ПСЭ придется вносить существенные дополнения: и в *короткопериодическом*, и в *длиннопериодическом* варианте неизбежно появится еще одно, уже третье по счету «приложение» (помимо существующих ныне лантаноидов и актиноидов), содержащее *5g*-элементы. Ну, а в *супердлиннопериодическом* варианте либо появится первое «приложение» (при сохранении прежнего числа групп – 32), либо произойдет дальнейшее его «раздувание вширь» с увеличением общего числа групп до 50 (!), что совсем уж неудобно для практического использования.

Более перспективным представляется другой путь, а именно – расположить элементы в порядке возрастания атомного номера по группам таким образом, чтобы номер группы, в которой конкретный элемент находится, соответствовал бы числу его электронов *в сокращенной электронной конфигурации* [3]. При этом в нынеш-

ней ситуации, когда $5g$ -элементы еще не открыты, таких групп получится 16 (что меньше, нежели в нынешнем формате длиннопериодического варианта), а после их открытия станет 20. Почему 16 и 20, а не 14 и 18 соответственно, как можно было бы ожидать, исходя из максимального числа электронов на внешнем слое для f - и g -элементов? На то есть две причины. Первая, более очевидная, состоит в том, что инертным газам (сокращенная электронная конфигурация – ns^2np^6) в VIII группе явно не место; их куда разумнее выделить в отдельную *нулевую* группу, что, кстати, понял еще сам Д.И. Менделеев (и сделал это в своей первоначальной таблице). Вторая, куда менее очевидная причина состоит в том, что в отдельную группу нужно выделить и галогены, причем в одну группу с ними следует поместить водород (что, кстати, в ряде современных вариантов ПСЭ и делается, причем как в *короткопериодическом*, так и в *длиннопериодическом*). Группе этой следует придать номер (-I), поскольку и у атомов галогенов, и у атома водорода имеется как бы «минус один» электрон, ибо именно столько каждому из них не хватает до образования заполненной оболочки с *нулевым* (как у инертных газов в соответствии с номером группы) числом электронов на внешнем уровне. В таком варианте ПСЭ (условно назовем его *полудлиннопериодическим*), как нетрудно заметить, успешно решается такая злободневная для периодической системы проблема, как *ликвидация пустых клеток между водородом и гелием*, которая имеет место в *любом* из описывавшихся в литературе вариантов ПСЭ – как в двумерном, так и в трехмерном отображении (и чем их заполнить – не знает никто)[3]. При этом в первом и втором периодах окажется по 8 элементов, в тре-

тьем и четвертом – по 18, в пятом и шестом – по 32.

Надо сказать, что здесь просматривается целый ряд любопытных моментов, которые выглядят естественными для полудлиннопериодического варианта, но не находят удовлетворительного толкования в рамках как короткопериодического, так и длиннопериодического (например, гораздо большая близость свойств калия к рубидию, нежели к натрию). Освещение их – это уже отдельный вопрос, который явно выходит за рамки данной статьи. А пока что отметим, что, по наблюдениям автора данной статьи, студенты различных российских вузов и различных специальностей – как химических, так и нехимических – в процессе изучения химических дисциплин вопреки рекомендациям IUPAC отдают явное предпочтение именно *короткопериодическому* варианту ПСЭ. Как, впрочем, и большинство преподавателей по химическим дисциплинам (да и не только), которым, похоже, длиннопериодический вариант тоже не очень-то по душе...

Литература

1. Химическая Энциклопедия, Т. 3. Москва: Большая Российская Энциклопедия, 1992. С. 482–486.
2. Сайфуллин Р.С., Водопьянова С.В., Сайфуллин А.Р. Достижения естественных наук и эра Нобелевских премий: Учебное и справочное издание. Казань: Изд. Фэн АН РТ, 2005. 364 с.
3. Михайлов О.В. О возможной модификации длиннопериодического варианта системы химических элементов Д.И. Менделеева // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2015. № 10. С. 792–797.

Статья поступила в редакцию 23.02.16.

ALTERNATIVE VERSIONS OF PERIODIC SYSTEM OF CHEMICAL ELEMENTS IN THE EDUCATIONAL PROCESS

MIKHAILOV Oleg V. – Dr. Sci. (Chemistry), Prof., Kazan National Research Technological University. E-mail: olegmkhlv@gmail.com

Abstract. The article addresses the problems relating to the use of the alternative periodic tables of chemical elements in studying of various chemical disciplines. The versions concerned are the so-called «short-form» table proposed by Dmitri Mendeleev and «long-periodic table» proposed by A. Werner and recommended by the International Union of Pure and Applied Chemistry (IUPAC). The advantages and disadvantages both of these variants have been shown. It has been noted that now in the Russian chemical education it is mainly used a “short-periodical» version. The author proposes a modification of the table version of the periodic table of chemical elements designed to overcome the disadvantages of the two most common variants now interpreting the periodic law of Dmitri Mendeleev, which may be used in the educational process.

Keywords: chemical education, educational process, periodical system, short-form table, long-periodic table

Cite as: Mikhailov, O.V. (2016). [Alternative Versions of Periodic System of Chemical Elements in the Educational Process]. *Vysshee obrazovanie v Rossii* [Higher Education in Russia]. No. 5 (201), pp. 156-160. (In Russ., abstract in Eng.)

References

1. *Khimicheskaya Entsiklopediya*. [Chemical Encyclopedia]. Vol. 3. Moscow, Bol'shaya Rossiiskaya Entsiklopediya Publ. [Great Russian Encyclopedia]. 1992, pp. 482-486. (In Russ.)
2. Saifullin, R.S., Vodop'yanova, S.V., Saifullin, A.R. (2005). [The Achievements of Natural Science and the Era of the Nobel Prizes: Tutorial and Reference Book]. Kazan, Fen Publ., 364 p.
3. Mikhailov O.V. (2015). [About of Possible Modification of “Long-Periodical” Version of D.I. Mendeleev System of Chemical Elements]. *Mezhdunarodnyi zhurnal prikladnykh i fundamental'nykh nauk* [International Journal of Applied and Fundamental Research]. No. 10, pp. 792-797.

The paper was submitted 23.02.16.

Сведения для авторов

К публикации принимаются статьи с учетом профиля и рубрик журнала объемом до 0,5 а.л. (20 000 знаков), в отдельных случаях – до 0,75 а.л. (30 000 знаков).

Статьи принимаются в электронном виде (текстовый редактор – Word, шрифт – Times New Roman, размер шрифта – 11, интервал – 1,5). Сложные рисунки и графики должны быть сделаны с учетом формата журнала (136 x 206 мм).

В присланном файле, помимо текста статьи, должна содержаться следующая информация на русском и английском языках:

- сведения об авторах (ФИО полностью, ученое звание, ученая степень, должность, место работы, адрес электронной почты каждого автора);
- название статьи (не более пяти слов);
- аннотация и ключевые слова;
- ссылки на источники (даются в порядке упоминания в квадратных скобках, оформляются по ГОСТ Р 7.0.5-2008).