

**Максимов Ігор Олександрович,**  
доцент кафедри методики природничо-  
математичної освіти і технологій  
Інституту післядипломної педагогічної  
освіти Київського університету імені  
Бориса Грінченка

## **ПРОТИРІЧЧЯ ЗМІСТУ ТАБЛИЦІ ХІМІЧНИХ ЕЛЕМЕНТІВ Д. МЕНДЕЛІЄВА**

*У статті висвітлюється питання аналізу якості сучасних таблиць хімічних елементів, що мають бути в кожному шкільному кабінеті хімії.*

**Ключові слова:** короткоперіодна таблиця хімічних елементів, валентність, хімічні сполуки.

Значна кількість підручників, посібників та навчальних таблиць із хімії для загальноосвітніх навчальних закладів, які нещодавно побачили світ, потребує вивчення якості поданого в них матеріалу [1]. У навчальній літературі мають реалізовуватись такі принципи навчання: науковість, систематичність, доступність, наочність. За цих умов хімія як навчальний предмет стане більш зрозумілою для учнів.

**Мета статті** – проаналізувати якість сучасних таблиць хімічних елементів, що мають бути в кожному шкільному кабінеті хімії.

На сьогодні у світі відомо понад 400 варіантів таблиць періодичної системи, які відрізняються розташуванням окремих груп елементів – аналогів, способом відображення періодичного закону тощо [1].

Однак більшість цих таблиць, наголошуючи на періодичності змін тих чи інших властивостей елементів та їх сполук, нічого принципово нового не вносять у саму конструкцію періодичної системи. Зміна властивостей елементів

пов'язана з будовою електронної оболонки атома, а точніше, – з ємністю електронних рівнів, що дорівнюють 2, 8, 18 і 32. Звідси, природно, витікають основні варіанти клітинного відображення системи елементів, що розташовані відповідно до збільшення заряду ядра атома або числа електронів у його оболонці. Таблиці залежно від того, який період – 8-, 18- чи 32-елементний – покладено в основу їх будови, діляться на 8-, 18- і 32-клітинні [2], тобто короткоперіодну, напівдовгоперіодну і довгоперіодну.

В українській шкільній освіті набула поширення короткоперіодна форма таблиці хімічних елементів.

Особливістю короткоперіодної таблиці є її компактність, але в ній до одних груп потрапляють s- і p-, s- і d-, p- і d-елементи, атоми яких відрізняються електронною конфігурацією.

При уведенні кольорів для позначення s-, p- і d-елементів таблиця хімічних елементів стала більш наочною. У ній s-елементи позначаються рожевим кольором, p – жовтим, d – блакитним, а f – чорним (зеленим). При цьому f-елементи (лантаноїди та актиноїди) винесені внизу таблиці в окремі ряди.

У варіанті таблиці, що наводиться [5], клітинки з металічними елементами забарвлюють у червоний колір, а з неметалічними – у синій. При наростанні чи послабленні металічних та неметалічних властивостей елементів глибина кольору клітинок відповідно змінюється. Клітинки елементів, що мають і металічні, і неметалічні властивості, мають пропорційне забарвлення у червоний і блакитний кольори. Такий варіант таблиці хімічних елементів інформативніший – нею легше користуватись, особливо при визначенні характеру оксидів і гідратів оксидів хімічних елементів.

У короткоперіодному варіанті таблиці наголос робиться на аналогію елементів по вертикалі – схожість елементів за максимальною валентністю. У класичному уявленні числове значення максимальної позитивної валентності визначається номером групи і повинно змінюватися від одиниці до восьми.

Якщо вилучити з розгляду лантаноїди та актиноїди і штучні елементи з протонним числом 104 і більше, то на сьогоднішній день для 19 із 76 елементів (25 %) мають місце відхилення (табл. 1) :

Таблиця 1

Номер групи	Елемент	Валентність максимальна
I	Cu	3
	Ag	3
	Au	3
V	N	4
VI	O	2
VI	Po	4
VII	F	1
	At	5
VIII	He	0
	Ne	0
	Ar	0
	Kr	6
	Rn	4
	Co	4
	Ni	4
	Rh	6
	Pd	6
	Ir	6
	Pt	6

Відсутність у Нітрогену ( $2s^22p^3$ ), Оксигену ( $2s^22p^4$ ) і Флуору ( $2s^22p^5$ ) сполук з валентністю, що відповідає номеру групи (відповідно V, VI і VII), пояснюється неможливістю збудження спарених електронів, оскільки на зовнішньому рівні атомів цих елементів немає вільних орбіталей.

Підвищена валентність Купруму, Аргентуму та Ауруму засвідчує, що при утворенні хімічних зв'язків у атомів цих елементів беруть участь електрони не тільки зовнішнього рівня, але й d-електрони, що передують зовнішньому.

Валентний стан лантаноїдів та актиноїдів дуже різноманітний. Найбільш загальною валентністю для лантаноїдів є валентність три, хоча для деяких із них відомі двовалентні сполуки, а для Церія, Празеодима і Тербія одержано чотиривалентні сполуки.

У актиноїдів валентність ще більш різноманітна і коливається від двох до семи [2]. У зв'язку з цим втрачаються підстави для віднесення їх до будь-якої конкретної групи елементів.

Елементи VIII групи He і Ne фактично залишилися інертними, оскільки в них в основному стані немає неспарених електронів, які б могли утворювати спільні електронні пари, і немає вільних орбіталей, на які б могли переходити електрони при розпаруванні для утворення ковалентних зв'язків. Окрім того, ці елементи мають високі значення йонізаційних потенціалів, що унеможливорює утворення ними сполук із йонними зв'язками.

Що стосується Ar, то в нього є вільні d-орбіталі, проте енергія збудження електронів у нього дуже висока. За даними [2] сполуки для Аргону невідомі.

Ось чому елементи He і Ne разом із Ar мають бути якось відділеними від решти елементів благородних газів.

Для елемента Kr поки що одержані сполуки з валентністю 6, але він все-таки включений до VIII групи, як і Ксенон, для якого восьмивалентні сполуки відомі. Склад єдиного флуориду Радону (ймовірно  $RnF_4$ ) остаточно не встановлений через його високу радіоактивність [2]. Термін «інертні гази» для елементів, що можуть утворювати сполуки, замінено на термін «благородні гази».

Варто зауважити, що ще три десятки років тому до таблиці було включено елементи Fe і Br (для яких не була відома максимальна валентність – вісім і сім відповідно), але за цей час знання про природу елементів та їх сполук

поглибились, і сполуки Fe і Br зі вказаними валентностями синтезовані. Тепер ці елементи виведено зі списку елементів, що не відповідають своєю максимальною валентністю номеру групи [2].

Елементи тріад Fe, Ru і Os мають максимальну позитивну валентність 8, а їх елементи – аналоги, відповідно Co і Ni, Rh і Pd та Ir і Pt – від 4 до 6 (табл. 1).

Було прийнято, що вказані елементи тріад не можуть бути віднесені до VIIIВ групи, і тому їх виносять поза межі VIII групи таблиці хімічних елементів [2, 8].

Вважається, що VIII група складається з головної VIIIA підгрупи, куди входять елементи інертних (He, Ne, Ar) та благородних (Kr, Xe і Rn) газів, а також побічної VIIIВ підгрупи з Fe, Ru і Os.

Аналіз посібників та підручників, де наводиться таблиця хімічних елементів, показує, що в їхніх авторів поки що немає єдиної думки і щодо розташування головних та побічних підгруп. У деяких посібниках групу елементів благородних газів розміщують у правій частині клітинок (цими елементами закінчуються періоди в системі) [2; 4; 9], інші автори [5; 10; 11] – розташовують їх ліворуч.

Те саме можна зауважити і стосовно порядку розташування інших підгруп. Так, в одних роботах [5; 10–12] головні підгрупи розташовують у клітинках зліва, а в інших [3; 4; 8; 9; 13] зліва розташовують елементи головних підгруп тільки I і II груп, а в III–VIII групах головні підгрупи розташовані ліворуч.

У багатьох навчальних таблицях хімічних елементів унизу, під групами, наводяться загальні формули вищих оксидів, що є характерними для елементів цієї групи. Для елементів VIII групи такою формулою є  $RO_4$ . На нашу думку, ця формула стосується поки що елементів головної та побічної підгруп, але аж ніяк не елементів тріад Co, Ni, Rh, Pd, Ir і Pt, які мають бути винесені за межі VIII групи. Цей факт у авторів таблиць хімічних елементів [9; 12] проходить

поза увагою. В Інтернеті вже є повідомлення про існування сполук Co і Ni, в яких вони виявляють валентність 8.

Гідроген нині розміщують або в I або в VII групах. Деякі автори [3; 7] вважають, що Гідроген має більше підстав бути у VII групі, ніж у першій.

Іноді символ елемента Гідрогену розміщують в обох групах, в одній із яких його подають у дужках. Аргументи на користь того чи іншого варіанта відомі, але, на думку багатьох, вони мають формальний характер. Зазначимо, що в силу специфіки будови атома, Гідроген за хімічними властивостями помітно відрізняється від інших елементів, тому він не може бути однозначно розміщеним у якійсь певній групі [2, 7].

Ось чому в таблиці хімічних елементів Д. Менделєєва, що знаходиться у Київському національному університеті імені Тараса Шевченка, Гідроген розташовують над таблицею, де вказується, що він одночасно належить і I-ій і VII-ій групам.

Те саме і з Гелієм. Фактично, якщо виходити з наявності двох s-електронів на єдиному рівні, то він мав би бути розташованим у II групі, але тут домінуючим є інший фактор, а саме завершений енергетичний рівень, що визначає фізичні та хімічні властивості елемента, тобто його надзвичайну пасивність. Це дає підстави розташовувати Гелій у VIII групі, хоча він і не має октету електронів на останньому рівні.

З цієї ж причини Гелій у вищезгаданій таблиці Д. Менделєєва хімічного факультету розміщують теж над таблицею, вказуючи лінією, що він формально належить до VIII групи. Але за такого підходу перший період фактично розпадається. Тому вважають, що ці два елементи «прописані» до VII (I) і VIII груп (рис. 1):

1-й період	1 H	2 He
------------	-----	------

2-й період	3 Li	4 Be	5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne
------------	------	------	-----	-----	-----	-----	-----	-------

*Рис. 1.* Розташування елементів Гідрогену та Гелію відносно таблиці хімічних елементів.

У більшості таблиць хімічних елементів [11; 12], якими нині користуються в загальноосвітніх навчальних закладах, у першому періоді проміжок між Гідрогеном і Гелієм мав би бути незаповненим, однак часто автори, що готують таблиці до друку, заповнюють його порожніми шістьма клітинками. Свого часу сам Д. І. Менделєєв допускав можливість відкриття галогену з атомною масою, що дорівнює трьом [2]. Тоді було б доцільним залишати порожню клітинку в VII групі. Але ж сьогодні навіть учні знають, що ніяких елементів між Гідрогеном і Гелієм бути не може. Тому наявність зазначених порожніх клітинок може наводити їх на хибну думку, що там мають бути ще невідкриті елементи.

Те саме і в ряду «Леткі сполуки з Гідрогеном». Порожніх клітинок під I, II та III групами не повинно бути, оскільки елементи цих груп не утворюють летких сполук з Гідрогеном.

Дивна ситуація склалась і з елементами, що мають протонне число 104 і більше. Спочатку назви штучним елементам давали в центрах ядерних досліджень СРСР і США, де їх синтезували, і де кожен намагався заявити про свій пріоритет. Оскільки центри працювали незалежно, то синтезованим елементам давали власні назви, які не були тотожними.

Ось чому при вивченні якості хімічної освіти в шкільних кабінетах можна виявити таблиці хімічних елементів, де елементом № 104 може бути... Курчатовій, Дубній, Резерфордів і Уннілквадій.

Такий стан справ не міг бути прийнятним, і тому за пропозицією Міжнародної Спілки з теоретичної та прикладної хімії (IUPAC) був запропонований компромісний варіант, на який мали погодились обидві сторони.

Щоб у подальшому такі ситуації не виникали, було запропоновано давати назви штучним елементам відповідно до їх протонного числа (наприклад № 110 – Унунілій, № 111 – Унунуній і т.д.). Тепер же знову використовують назви, запропоновані центрами ядерних досліджень і затверджені IUPAC.

У Європі, в центрі ядерних досліджень, у Дармштадті (Німеччина) у 1981–1984 рр. було синтезовано три елементи: № 107 (Борій), №108 (Гасій) та № 109 (Майтнерій). 1994 р. там же було відкрито елемент № 110, який спочатку одержав назву (Унунуній), потім його було перейменовано на честь міста в Дармштадті (Ds). Тепер тут вже синтезовані елементи № 111 Рентгній (Rg) та № 112 [14], назва якого ще не затверджена.

Є розбіжності й у точностях подачі величин відносних атомних мас елементів. Так, Л. Гузей (і співавтори) [5] атомні маси Гелію і Флуору подають з точністю до 6-го знаку, а інших елементів – від 5-го до 2-го. Зрозуміло, що в цьому випадку наводиться точність, з якою можна визначити атомну масу того чи іншого елемента на сучасному етапі, хоча потрібно усвідомлювати, що елемент – то є природна суміш ізотопів, кількісне співвідношення між якими й визначає атомну масу елемента.

У підручнику Н. М. Буринської [12] атомні маси Гідрогену, Гелію і Берилію наводяться з точністю до 4-го, всі інші – з точністю до 3-го і 2-го знаку.

На нашу думку, для навчальної мети цілком можна обмежитись точністю в десяті або соті долі одиниці для всіх елементів. Однак у цьому випадку при заокругленні на прикладах Гідрогену чи Оксигену важко буде пояснити їх ізотопний склад.

Не все гаразд і в назві хімічних елементів, їхніх символів, а також у вимові цих символів [15]. Учень повинен запам'ятати, що одні символи потрібно читати як латинські букви (C, N, P, S), інші назви елементів – українською (Cl, Co, V, U), треті, згідно з традицією, згідно з латинськими



назвами (Fe, Cu, Ag, Sn, Pb). Нарешті, символ Гідрогену ми чомусь вимовляємо не згідно з латинським алфавітом – «ха» , а на французький лад «аш» .

Відмітимо, що в більшості європейських країн давно вже всі хімічні символи читають як латинські літери (Cu – «це у», Cl – «це ель», і т.д.) чи як букви рідної мови (так, англійською CH<sub>4</sub> – «сі ейч фо»). І не витрачають тамтешні школярі часу на непотрібне зубріння. А в нас чомусь вимагають від школярів вивчати вимову 15–20, а то й більше символів елементів і, отже, відбивають цікавість до вивчення хімії.

Таким чином, навіть побіжний аналіз якості таблиць хімічних елементів Д. Менделєєва показує, що тут має місце чимало недоліків і навіть помилок як об'єктивного, так і суб'єктивного характеру. Однак подальший розвиток хімії зумовив потребу в доповненнях і змінах у періодичній системі, а також у вирішенні спірних питань, що виникають. Сам Періодичний закон – це закон природи, а його графічний вираз – таблиця хімічних елементів – буде завжди в розвитку, оскільки наші знання про природу розширюються і поглиблюються, але вони далеко ще не всеосяжні.

Єдине, що нині вимагається від науковців і методистів, – запропонувати оптимальний варіант таблиці хімічних елементів, де вказані недоліки мають бути зведені до мінімуму.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Максимов І. О. Розчинність неорганічних речовин: проблема узгодження даних / І. О. Максимов // Біологія і хімія в школі. – 2004. – № 4. – С. 8–9.
2. Семишин В. И. Периодическая система химических элементов Д. И. Менделеева / В. И. Семишин. – М. : Изд-во «Химия», 1972. – 188 с.
3. Некрасов Б. В. Основы общей химии / Б. В. Некрасов. – т. 2 – М. : Изд-во «Химия», 1967. – 400 с.

4. Хомченко І. Г. Загальна хімія / І. Г. Хомченко. – К. : Вища школа, 1993. – 424 с.
5. Гузей Л. С. Хімія 9 клас / Л. С. Гузей, В. В. Сорокин, Р. П. Суровцева. – М. : Дрофа, 2003. – 288 с.
6. Романова Н. В. Загальна та неорганічна хімія / Н. В. Романова. – К. : Вища школа, 1988. – 432 с.
7. Кайкацишвили З. Р. Свойства водорода и его положение в периодической системе / З. Р. Кайкацишвили // Химия в школе. – 1985. – № 5. – С. 5–8.
8. Тьльдсепп А. А. Мы изучаем химию / А. А. Тьльдсепп, В. А. Корк. – М. : Просвещение, 1988. – 97 с.
9. Попель П. П. Хімія 10 клас / П. П. Попель, Л. С. Крикля. – К. : ВЦ «Академія», 2005. – 232 с.
10. Химическая энциклопедия. – Т. 3. – М. : Научн. Изд-во «Больш. рос. энцикл.», 1992. – 640 с.
11. Слета Л. О. Хімія 8 клас / Л. О. Слета, Ю. В. Холін. – Х. : Фоліо, 1999. – 224 с.
12. Буринська Н. М. Хімія 8 / Н. М. Буринська. – К., Ірпінь : Перун, 2004. – 152 с.
13. Глинка Н. Л. Общая химия / Н. Л. Глинка. – Ленингр. отд. : Химия, 1977. – 720 с.
14. Попель П. П. Хімічні елементи № 110 і № 112 отримали назви і символи / П. П. Попель. – К. : Хімія, Шкільн. світ, 2005. – № 47. – С. 1.
15. Бердоносів С. С. Учебники по химии: традиционные заблуждения и современность / С. С. Бердоносів // Химия в школе. – 2000. – № 5. – С. 22–27.

### БІБЛІОГРАФІЧНИЙ ОПИС

13.00.02 – Теорія та методика навчання (з галузей знань)

Максимов І. О.

Протириччя змісту таблиці хімічних елементів Д. Менделєєва.

Бібліографічних посилань – 15.

Максимов И. О.

Противоречия содержания таблицы химических элементов Д. Менделеева

В статье освещается вопрос анализа качества современных таблиц химических элементов, которые должны быть в каждом школьном кабинете химии.

**Ключевые слова:** краткопериодическая таблица периодических элементов, валентность, химические соединения.

Maxymov I. O.

Content contradictions of Mendeleev's table of periodical elements

The question of analysis of quality of modern tables of chemical elements which must be in every school cabinet of chemistry lights up in the article.

**Keywords:** short-periodical table of periodical elements, valency, chemical compound.