

О применении современных вариантов раскраски и заполнения ячеек Периодической таблицы Д. И. Менделеева в школьном учебном процессе

С. Л. Курилин, кандидат технических наук, доцент, БелГУТ, Гомель;

Е. С. Курилина, магистрант, Институт подготовки научных кадров НАН РБ, Минск;

С. Г. Дубков, учитель – методист, СШ № 43, Гомель

Периодическая система химических элементов Д. И. Менделеева – мощный инструмент для систематизации сведений о свойствах химических элементов [1]. Недаром Организация объединённых наций (ООН) объявила 2019 г. годом Периодической таблицы химических элементов в связи с её 150-летием.

Мы предлагаем новые современные варианты раскраски и заполнения ячеек таблицы, которые запатентованы в Республике Беларусь.

Они соответствуют длинному варианту (длиннопериодной форме), утверждённому Международным союзом теоретической и прикладной химии (IUPAC) в качестве основного [2]. Группы пронумерованы арабскими цифрами от 1 до 18 и нет никаких реверансов в сторону короткой формы в виде римских цифр и латинских букв А и В. Короткая форма таблицы, содержащая восемь групп элементов, была официально отменена ИЮПАК в 1989 году. Несмотря на рекомендацию использовать длинную форму, короткая форма продолжает приводиться в большом числе российских справочников и пособий и после этого времени. Такую ситуацию некоторые исследователи связывают, в том числе, с кажущейся рациональной компактностью короткой формы таблицы, а также с инерцией, стереотипностью мышления и невосприятием современной (международной) информации. Из современной иностранной литературы короткая форма исключена полностью, вместо неё используется длинная форма. В Беларуси принята длинная форма таблицы, и именно в такой форме сделаны наши таблицы.

Первая таблица (рис. 1) называется «Периодическая система химических элементов Д. И. Менделеева с раскраской», патент РБ на промышленный образец № 4054; в дальнейшем будем её сокращённо называть ХИМ-таблицей.

Раскраска групп и семейств в ХИМ-таблице соответствует рекомендациям ИЮПАК, однако она несколько усовершенствована. Способом заливки фона различными цветами обозначены слева направо: щелочные металлы (фиолетовый); щелочноземельные металлы (синий); переходные металлы (голубой); постпереходные металлы (зелёный); полуметаллы – металлоиды (жёлто-зелёный); другие неметаллы (жёлтый); галогены (оранжевый); благородные газы (красный). Внизу показаны лантаниды (светло-бирюзовый) и актиниды (бирюзовый). Такая раскраска позволяет глубже понять связь химических свойств элементов с их положением в Периодической системе и строением электронных оболочек. Изменение раскраски слева-направо соответствует цветам спектра от фиолетового до красного, что позволило сделать её доступной для восприятия даже людям с нарушениями цветового зрения (дальтоникам), количество которых составляет 8-9 % населения. Для обозначения радиоактивности использован серый цвет букв и символов.

Информация по каждому элементу: – атомная масса; электроотрицательность по Полингу; номер, символ, характерные и возможные степени окисления, русское название.

Для электроотрицательности использована таблица из англоязычной Википедии [3]. Это самая свежая информация, которая регулярно проверяется и подновляется ведущими мировыми специалистами. Однако эта таблица не содержит информации по гелию, неону, аргону. Эта информация восполнена из таблицы русскоязычной Википедии [4].

ПЕРИОДИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ Д. И. МЕНДЕЛЕЕВА

		Г		Р		У		П		П		Ы																																																														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18																																																							
II	1	<p>Сущность П. (периодической) закономерности... : химические и физические свойства соединений, образуемых элементами, находится в периодической зависимости от величины атомного веса элементов. Д. Менделеев</p> <p>Условные цветовые обозначения свойств и групп химических элементов:</p> <ul style="list-style-type: none"> Щелочные металлы Щелочноземельные металлы Переходные металлы Постпереходные металлы Полуметаллы (металлоиды) Другие неметаллы Газообразные Благородные газы Лантаны и лантаниды (металлы) Активный и инертный (металлы) Радиактивные элементы, в т.ч. - с временем полураспада менее суток 																	4.002 ² He																																																							
II	2	³ Li	⁴ Be*													⁵ B	⁶ C	⁷ N	⁸ O	⁹ F	¹⁰ Ne																																																					
Р	3	¹¹ Na	¹² Mg													¹³ Al	¹⁴ Si	¹⁵ P	¹⁶ S	¹⁷ Cl	¹⁸ Ar																																																					
И	4	¹⁹ K	²⁰ Ca	²¹ Sc	²² Ti	²³ V	²⁴ Cr	²⁵ Mn	²⁶ Fe	²⁷ Co	²⁸ Ni	²⁹ Cu	³⁰ Zn	³¹ Ga	³² Ge	³³ As	³⁴ Se	³⁵ Br	³⁶ Kr																																																							
О	5	³⁷ Rb	³⁸ Sr	³⁹ Y	⁴⁰ Zr	⁴¹ Nb	⁴² Mo	⁴³ Tc	⁴⁴ Ru	⁴⁵ Rh	⁴⁶ Pd	⁴⁷ Ag	⁴⁸ Cd	⁴⁹ In	⁵⁰ Sn	⁵¹ Sb	⁵² Te	⁵³ I	⁵⁴ Xe																																																							
Д	6	⁵⁵ Cs	⁵⁶ Ba	⁵⁷ La	⁷² Hf	⁷³ Ta	⁷⁴ W	⁷⁵ Re	⁷⁶ Os	⁷⁷ Ir	⁷⁸ Pt	⁷⁹ Au	⁸⁰ Hg	⁸¹ Tl	⁸² Pb	⁸³ Bi	⁸⁴ Po	⁸⁵ At	⁸⁶ Rn																																																							
М	7	⁸⁷ Rb	⁸⁸ Ra	⁸⁹ Ac	¹⁰⁴ Rf	¹⁰⁵ Db	¹⁰⁶ Sg	¹⁰⁷ Bh	¹⁰⁸ Hs	¹⁰⁹ Mt	¹¹⁰ Ds	¹¹¹ Rg	¹¹² Cn	¹¹³ Nh	¹¹⁴ Fl	¹¹⁵ Mc	¹¹⁶ Lv	¹¹⁷ Ts	¹¹⁸ Og																																																							
		<p>Лантаниды ⁵⁷La - Электроностроительная по Полингу приводится по http://www.kaluga.org/906/Электроностроительная.pdf для Be, Mg. Ан дополнились по http://ftp.kaluga.org/906/Электроностроительная.pdf</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; font-size: 8px;"> <tr> <td>⁵⁸Ce</td><td>⁵⁹Pr</td><td>⁶⁰Nd</td><td>⁶¹Pm</td><td>⁶²Sm</td><td>⁶³Eu</td><td>⁶⁴Gd</td><td>⁶⁵Tb</td><td>⁶⁶Dy</td><td>⁶⁷Ho</td><td>⁶⁸Er</td><td>⁶⁹Tm</td><td>⁷⁰Yb</td><td>⁷¹Lu</td> </tr> <tr> <td>металл</td><td>металл</td><td>металл</td><td>металл</td><td>металл</td><td>металл</td><td>металл</td><td>металл</td><td>металл</td><td>металл</td><td>металл</td><td>металл</td><td>металл</td><td>металл</td> </tr> </table> <p>Актиниды ⁸⁸Ra - характеристики в возможных степенях окисления, приводятся по http://ftp.kaluga.org/906/Электроностроительная.pdf для Be, Mg по возможной окислительной степени, однако по рекомендациям ИЮПАК они относятся к радиоактивным металлам.</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; font-size: 8px;"> <tr> <td>⁸⁸Th</td><td>⁸⁹Pa</td><td>⁹⁰U</td><td>⁹¹Np</td><td>⁹²Pu</td><td>⁹³Am</td><td>⁹⁴Cm</td><td>⁹⁵Bk</td><td>⁹⁶Cf</td><td>⁹⁷Es</td><td>⁹⁸Fm</td><td>⁹⁹Md</td><td>¹⁰⁰No</td><td>¹⁰¹Lr</td> </tr> <tr> <td>металл</td><td>металл</td><td>металл</td><td>металл</td><td>металл</td><td>металл</td><td>металл</td><td>металл</td><td>металл</td><td>металл</td><td>металл</td><td>металл</td><td>металл</td><td>металл</td> </tr> </table>																	⁵⁸ Ce	⁵⁹ Pr	⁶⁰ Nd	⁶¹ Pm	⁶² Sm	⁶³ Eu	⁶⁴ Gd	⁶⁵ Tb	⁶⁶ Dy	⁶⁷ Ho	⁶⁸ Er	⁶⁹ Tm	⁷⁰ Yb	⁷¹ Lu	металл	металл	металл	металл	металл	металл	металл	металл	металл	металл	металл	металл	металл	металл	⁸⁸ Th	⁸⁹ Pa	⁹⁰ U	⁹¹ Np	⁹² Pu	⁹³ Am	⁹⁴ Cm	⁹⁵ Bk	⁹⁶ Cf	⁹⁷ Es	⁹⁸ Fm	⁹⁹ Md	¹⁰⁰ No	¹⁰¹ Lr	металл	металл	металл	металл	металл	металл	металл	металл	металл	металл	металл	металл	металл	металл
⁵⁸ Ce	⁵⁹ Pr	⁶⁰ Nd	⁶¹ Pm	⁶² Sm	⁶³ Eu	⁶⁴ Gd	⁶⁵ Tb	⁶⁶ Dy	⁶⁷ Ho	⁶⁸ Er	⁶⁹ Tm	⁷⁰ Yb	⁷¹ Lu																																																													
металл	металл	металл	металл	металл	металл	металл	металл	металл	металл	металл	металл	металл	металл																																																													
⁸⁸ Th	⁸⁹ Pa	⁹⁰ U	⁹¹ Np	⁹² Pu	⁹³ Am	⁹⁴ Cm	⁹⁵ Bk	⁹⁶ Cf	⁹⁷ Es	⁹⁸ Fm	⁹⁹ Md	¹⁰⁰ No	¹⁰¹ Lr																																																													
металл	металл	металл	металл	металл	металл	металл	металл	металл	металл	металл	металл	металл	металл																																																													

Курилина С. Л.
Курилина Е. С.
Патент РФ № 4054

Рисунок 1 – Периодическая система химических элементов Д. И. Менделеева с раскраской; патент РФ на промышленный образец № 4054 (ХИМ-таблица)

ПЕРИОДИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ Д. И. МЕНДЕЛЕЕВА

		Г		Р		У		П		П		Ы																																																														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18																																																							
II	1	<p>Сущность П. (периодической) закономерности... : химические и физические свойства соединений, образуемых элементами, находится в периодической зависимости от величины атомного веса элементов. Д. Менделеев</p> <p>Условные цветовые обозначения свойств и групп химических элементов:</p> <ul style="list-style-type: none"> Щелочные металлы Щелочноземельные металлы* Переходные металлы Постпереходные металлы Полуметаллы (металлоиды) Другие неметаллы Газообразные Благородные газы Лантаны и лантаниды (металлы) Активный и инертный (металлы) Радиактивные элементы, в т.ч. - с временем полураспада менее суток 																	4.002 ² He																																																							
II	2	³ Li	⁴ Be*													⁵ B	⁶ C	⁷ N	⁸ O	⁹ F	¹⁰ Ne																																																					
Р	3	¹¹ Na	¹² Mg													¹³ Al	¹⁴ Si	¹⁵ P	¹⁶ S	¹⁷ Cl	¹⁸ Ar																																																					
И	4	¹⁹ K	²⁰ Ca	²¹ Sc	²² Ti	²³ V	²⁴ Cr	²⁵ Mn	²⁶ Fe	²⁷ Co	²⁸ Ni	²⁹ Cu	³⁰ Zn	³¹ Ga	³² Ge	³³ As	³⁴ Se	³⁵ Br	³⁶ Kr																																																							
О	5	³⁷ Rb	³⁸ Sr	³⁹ Y	⁴⁰ Zr	⁴¹ Nb	⁴² Mo	⁴³ Tc	⁴⁴ Ru	⁴⁵ Rh	⁴⁶ Pd	⁴⁷ Ag	⁴⁸ Cd	⁴⁹ In	⁵⁰ Sn	⁵¹ Sb	⁵² Te	⁵³ I	⁵⁴ Xe																																																							
Д	6	⁵⁵ Cs	⁵⁶ Ba	⁵⁷ La	⁷² Hf	⁷³ Ta	⁷⁴ W	⁷⁵ Re	⁷⁶ Os	⁷⁷ Ir	⁷⁸ Pt	⁷⁹ Au	⁸⁰ Hg	⁸¹ Tl	⁸² Pb	⁸³ Bi	⁸⁴ Po	⁸⁵ At	⁸⁶ Rn																																																							
М	7	⁸⁷ Rb	⁸⁸ Ra	⁸⁹ Ac	¹⁰⁴ Rf	¹⁰⁵ Db	¹⁰⁶ Sg	¹⁰⁷ Bh	¹⁰⁸ Hs	¹⁰⁹ Mt	¹¹⁰ Ds	¹¹¹ Rg	¹¹² Cn	¹¹³ Nh	¹¹⁴ Fl	¹¹⁵ Mc	¹¹⁶ Lv	¹¹⁷ Ts	¹¹⁸ Og																																																							
		<p>Лантаниды</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; font-size: 8px;"> <tr> <td>⁵⁸Ce</td><td>⁵⁹Pr</td><td>⁶⁰Nd</td><td>⁶¹Pm</td><td>⁶²Sm</td><td>⁶³Eu</td><td>⁶⁴Gd</td><td>⁶⁵Tb</td><td>⁶⁶Dy</td><td>⁶⁷Ho</td><td>⁶⁸Er</td><td>⁶⁹Tm</td><td>⁷⁰Yb</td><td>⁷¹Lu</td> </tr> <tr> <td>металл</td><td>металл</td><td>металл</td><td>металл</td><td>металл</td><td>металл</td><td>металл</td><td>металл</td><td>металл</td><td>металл</td><td>металл</td><td>металл</td><td>металл</td><td>металл</td> </tr> </table> <p>Актиниды ⁸⁸Ra - характеристики в возможных степенях окисления, приводятся по http://ftp.kaluga.org/906/Электроностроительная.pdf для Be, Mg по возможной окислительной степени, однако по рекомендациям ИЮПАК они относятся к радиоактивным металлам.</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; font-size: 8px;"> <tr> <td>⁸⁸Th</td><td>⁸⁹Pa</td><td>⁹⁰U</td><td>⁹¹Np</td><td>⁹²Pu</td><td>⁹³Am</td><td>⁹⁴Cm</td><td>⁹⁵Bk</td><td>⁹⁶Cf</td><td>⁹⁷Es</td><td>⁹⁸Fm</td><td>⁹⁹Md</td><td>¹⁰⁰No</td><td>¹⁰¹Lr</td> </tr> <tr> <td>металл</td><td>металл</td><td>металл</td><td>металл</td><td>металл</td><td>металл</td><td>металл</td><td>металл</td><td>металл</td><td>металл</td><td>металл</td><td>металл</td><td>металл</td><td>металл</td> </tr> </table>																	⁵⁸ Ce	⁵⁹ Pr	⁶⁰ Nd	⁶¹ Pm	⁶² Sm	⁶³ Eu	⁶⁴ Gd	⁶⁵ Tb	⁶⁶ Dy	⁶⁷ Ho	⁶⁸ Er	⁶⁹ Tm	⁷⁰ Yb	⁷¹ Lu	металл	металл	металл	металл	металл	металл	металл	металл	металл	металл	металл	металл	металл	металл	⁸⁸ Th	⁸⁹ Pa	⁹⁰ U	⁹¹ Np	⁹² Pu	⁹³ Am	⁹⁴ Cm	⁹⁵ Bk	⁹⁶ Cf	⁹⁷ Es	⁹⁸ Fm	⁹⁹ Md	¹⁰⁰ No	¹⁰¹ Lr	металл	металл	металл	металл	металл	металл	металл	металл	металл	металл	металл	металл	металл	металл
⁵⁸ Ce	⁵⁹ Pr	⁶⁰ Nd	⁶¹ Pm	⁶² Sm	⁶³ Eu	⁶⁴ Gd	⁶⁵ Tb	⁶⁶ Dy	⁶⁷ Ho	⁶⁸ Er	⁶⁹ Tm	⁷⁰ Yb	⁷¹ Lu																																																													
металл	металл	металл	металл	металл	металл	металл	металл	металл	металл	металл	металл	металл	металл																																																													
⁸⁸ Th	⁸⁹ Pa	⁹⁰ U	⁹¹ Np	⁹² Pu	⁹³ Am	⁹⁴ Cm	⁹⁵ Bk	⁹⁶ Cf	⁹⁷ Es	⁹⁸ Fm	⁹⁹ Md	¹⁰⁰ No	¹⁰¹ Lr																																																													
металл	металл	металл	металл	металл	металл	металл	металл	металл	металл	металл	металл	металл	металл																																																													

Курилина С. Л.
Курилина Е. С.

Рисунок 2 – Упрощённый вариант ХИМ-таблицы

Степени окисления приведены в соответствии с англоязычной Википедией [5] в порядке убывания за исключением некоторых случаев, когда требовалось подчеркнуть характерные отрицательные; например хлор: **-17536**...0. Здесь большие жирные цифры показывают характерные, а остальные – возможные степени окисления.

Впервые с 20 химическими элементами ученики знакомятся в **7 классе**. Здесь мы рекомендуем применить упрощённый вариант ХИМ-таблицы без цифровой информации (рис. 2).

В **8 классе** более подробное знакомство с химическими элементами (металлы, неметаллы, амфотерность, газообразные, твёрдые, жидкие). Здесь в дополнение к ХИМ-таблице, в качестве информации для факультативных занятий, мы рекомендуем «Периодическую систему химических элементов с физическими свойствами», патент РБ на промышленный образец № 4046; в дальнейшем будем её сокращённо называть ФИЗ-таблицей (рис. 3).

ПЕРИОДИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ с физическими свойствами

Сурьезность П. (периодической) законности...: химические и физические свойства соединений, образуемых элементами, находится в периодической зависимости от величины атомного веса элементов». Д. Менделеев

Условные цветовые обозначения физических свойств химических элементов

- Ферромагнетики
- полупроводники - благородные (драгоценные)
- металлы
- сверхпроводники*
- элементы с $t_{пл} < 1000^\circ\text{C}$
- металлоиды
- элементы с $t_{пл} < 100^\circ\text{C}$ и жидкости в газности
- газы
- групповые элементы, в т.ч. $< t_{пл} > 3000^\circ\text{C}$
- радиоактивные элементы, в т.ч. < временем полураспада менее суток

Лантаниды

Актиниды

Курилин С. Д.
Патент РБ № 4046

Рисунок 3 – Периодическая система химических элементов с физическими свойствами; патент РБ на промышленный образец № 4046 (ФИЗ-таблица)

Здесь применены различные цвета и различные способы раскраски.

Цвета заливки фона:

– Светло-коричневый – ферромагнетики (по цвету ржавчины на железе). Это железо, никель, кобальт, а также 5 редкоземельных металлов, проявляющих магнитные свойства при пониженной температуре: гадолиний, тербий, диспрозий, гольмий, эрбий.

Бледно-зелёный – полупроводники, их 12. В порядке возрастания ширины запретной зоны: альфа-олово, сурьма, теллур, германий, бор, кремний, мышьяк, йод, чёрный фосфор, селен, сера, углерод.

Светло-жёлтый – благородные (драгоценные) металлы (по цвету золота). Это золото, серебро, платина, а также металлы платиновой группы – палладий, иридий, родий, рутений и осмий.

Сиреневый – сверхпроводники. Здесь приведены только элементы с температурой перехода в сверхпроводящее состояние выше 4,2 К (температура кипения гелия). При меньших температурах, особенно вблизи 0 К, в сверхпроводящее состояние может

быть переведено большинство металлов. Сиреневым раскрашены: ниобий, свинец, ванадий, технеций, лантан, тантал, кремний (в тонких плёнках), ртуть.

Бледно-голубой – жидкости и элементы с температурой плавления ниже 100 °С. Это щелочные металлы: натрий, калий, рубидий, цезий, франций, а также галлий, бром и ртуть.

Светло-бирюзовый – газы (газы бледнее, чем жидкости). Это водород, гелий, азот, кислород, фтор, неон, хлор, аргон, криптон, ксенон и радон.

Цветные буквы и рамки:

Синие буквы – температура плавления ниже 1000 °С; синие буквы совместно с синей рамкой – легкоплавкие элементы (температура плавления ниже 300 °С); чем больше синего, тем ниже температура плавления.

Красные буквы – тугоплавкие (температура плавления выше 1524 °С – плавление железа); красные буквы совместно с красной рамкой – температура плавления выше 3000 °С; чем больше красного тем выше температура плавления.

Элементы с температурой плавления от 1000 °С до 1524 °С оставлены чёрными.

Серые буквы (на тёмном фоне белые) – радиоактивность (для элементов с периодом полураспада более суток – в названии элемента, менее суток – в обозначении латинского символа, чем больше серого, тем выше радиоактивность).

Цветная раскраска применена своя для каждого химического элемента периодической системы в зависимости от его физических свойств. При сочетании свойств цвета также сочетаются (например, ртуть и жидкость и сверхпроводник; фон залит сверху бледно-голубым, снизу сиреневым).

Условная граница между металлами и неметаллами проведена чёрной штриховой линией.

В 9 классе более подробно рассматривается химия неметаллов, химические и физические свойства образуемых ими простых веществ и важнейших соединений. Здесь в дополнение к ХИМ- и ФИЗ-таблицам, в качестве информации для факультативных занятий, мы рекомендуем «Периодическую систему химических элементов с биологическими свойствами». патент РБ на промышленный образец № 4047; в дальнейшем будем её сокращённо называть БИО-таблицей (рис. 4).

ПЕРИОДИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ с биологическими свойствами

Сущность П. (периодической) закономерности...: химические и физические свойства соединений, образуемых элементами, находится в периодической зависимости от величины атомного веса элементов. Д. Менделеев

Условные цветовые обозначения биологических свойств химических элементов

Биогенные элементы: ■ -Благородный ■ -Токсичный ■ -Высокотоксичный

■ -микроэлемент, >10⁴ ■ -Биоактивный ■ -Радиоактивные элементы, в т.ч. с периодом полураспада менее суток

■ -микроэлемент, <10⁴ ■ -Слаботоксичный

Аг -напиелемент, <10⁴ (уальтранпро-)

4 12 - характерные и условные степени окисления. Проводится по: <https://ru.wikipedia.org/wiki/4>

Условная граница МЕТАЛЛЫ - НЕМЕТАЛЛЫ

Куркина Е. С. Патент РБ № 4047

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1,008 1H водород																	4,002 2He гелий
6,941 3Li литий	9,012 4Be бериллий											10,811 5B бор	12,011 6C углерод	14,007 7N азот	15,999 8O кислород	18,998 9F фтор	20,180 10Ne неон
22,989 11Na натрий	24,305 12Mg магний											26,982 13Al алюминий	28,086 14Si кремний	30,974 15P фосфор	32,066 16S сера	35,453 17Cl хлор	39,948 18Ar аргон
39,098 19K калий	40,078 20Ca кальций	44,956 21Sc скандий	47,887 22Ti титан	50,941 23V ванадий	51,996 24Cr хром	54,938 25Mn марганец	55,845 26Fe железо	58,933 27Co кобальт	58,693 28Ni никель	63,546 29Cu медь	65,382 30Zn цинк	69,723 31Ga галлий	72,630 32Ge германий	74,922 33As мышьяк	78,960 34Se селен	79,904 35Br бром	83,798 36Kr криптон
85,468 37Rb рубидий	87,620 38Sr стронций	88,906 39Y иттрий	91,224 40Zr цирконий	92,906 41Nb ниобий	95,94 42Mo молибден	[98] 43Tc технеций	101,07 44Ru рутений	102,905 45Rh родий	106,42 46Pd палладий	107,868 47Ag серебро	112,411 48Cd кадмий	114,818 49In индий	118,710 50Sn олово	121,760 51Sb сурьма	127,60 52Te теллур	126,904 53I йод	131,293 54Xe ксенон
132,905 55Cs цезий	137,327 56Ba барий	138,905 57La лантаныды	178,49 72Hf гафний	180,948 73Ta тантал	183,84 74W вольфрам	186,207 75Re рений	190,235 76Os осмий	192,217 77Ir иридий	195,078 78Pt платина	196,966 79Au золото	200,592 80Hg ртуть	204,383 81Tl таллий	207,20 82Pb свинец	208,980 83Bi висмут	209,982 84Po полоний	210,0 85At астат	222,0 86Rn радон
[223] 87Fr франций	[226] 88Ra радий	227,027 89Ac актиниды	[267] 104Rf рефербий	[270] 105Db дубний	[269] 106Sg себегий	[267] 107Bh борий	[269] 108Hs хассий	[278] 109Mt митаганий	[281] 110Ds дэрсий	[281] 111Rg ригендий	[285] 112Cn кочневий	[286] 113Nh нихоний	[289] 114Fl флеровий	[289] 115Mc московий	[293] 116Lv лервий	[294] 117Ts теннисий	[294] 118Og оганесон
Лантаниды																	
140,908 58Ce церий	140,908 59Pr прометий	144,240 60Nd нейодиум	144,912 61Pm прометий	150,360 62Sm самарий	151,954 63Eu европий	157,250 64Gd гадолиний	158,925 65Tb тербий	162,500 66Dy диurioий	164,930 67Ho гольмий	167,26 68Er эрбий	168,934 69Tm туманий	173,040 70Yb ytterбий	175,967 71Lu лютеций				
Актиниды																	
232,038 90Th торий	231,036 91Pa протактиний	238,029 92U уран	237,048 93Np нептуний	244,064 94Pu плутоний	243,061 95Am амерций	247,070 96Cm куриум	247,070 97Bk берклий	251,080 98Cf кальфурий	252,083 99Es эйнштейний	[257] 100Fm фермий	[257] 101Md миделандий	[259] 102No нобеллий	[259] 103Lr лерморий	[261] 104Rf рефербий	[261] 105Db дубний	[261] 106Sg себегий	[261] 107Bh борий

Рисунок 4 – Периодическая система химических элементов с биологическими свойствами; патент РБ на промышленный образец № 4047 (БИО-таблица)

Здесь цветная раскраска использует заливку фона, цветные рамки, а также цветные буквы. Это необходимо, чтобы передать всю гамму свойств; при раскраске элементов отдельные цвета и способы их применения сочетаются.

Для обозначения **биогенных** элементов использован зелёный цвет – цвет листвы и разрешающий свет светофора. Чем больше зелёного, тем больше содержание элемента в организме человека.

Макроэлементы – содержание в теле человека более одной сотой процента (более 10^{-4}). К ним относятся четыре традиционно называемые органогенами элемента: кислород, углерод, водород, азот, а также фосфор и сера; кроме того четыре из десяти «металлов жизни» – кальций, калий, натрий, магний. Сюда же попадает и хлор. Здесь применён максимум зелёного цвета – бледнозелёная заливка в зелёной рамке.

Микроэлементы – содержание в теле человека более миллионной доли (более 10^{-6}). Здесь 3 металла жизни (железо, цинк, медь) а также неметаллы фтор и кремний. Применена просто бледнозелёная заливка.

Наноэлементы – содержание в теле человека менее миллионной доли (менее 10^{-6}). Это новый термин. Традиционно они называются ультрамикроэлементами, однако нанокороче, красивее и с нашей точки зрения точнее. Сюда попали три металла жизни: марганец, кобальт, молибден, а также следующие элементы: кадмий, бор, селен, йод, никель, литий, хром, серебро. Они обозначены зелёными символами.

Для классификации мы воспользовались таблицей «Содержание в организме человека (*Elemental composition list*)» [5]. Таблица содержит 60 элементов, расположенных в порядке убывания, однако не все из них биогенные. Сложной задачей было отличить биогенные наноэлементы от примесей. Здесь не было бездумного копирования. Так, для ванадия и мышьяка, несмотря на то, что написано «*Possibly*», мы не нашли биологической роли. А вот для серебра, несмотря на «*No*», нашли и даже вынесли в пример условного обозначения наноэлементов в виде зелёного символа. Следы серебра (порядка две сотых миллиграмма на килограмм веса) содержатся в организмах всех млекопитающих. Но его биологическая роль недостаточно изучена. У человека повышенным содержанием серебра (три сотых миллиграмма на килограмм свежей ткани, или две тысячных весового процента в золе) характеризуется головной мозг. Интересно, что в изолированных ядрах его нервных клеток – нейронах – серебра гораздо больше (восемь сотых весового процента в золе).

Благородность и биосовместимость. В настоящее время установлено, что абсолютно инертных элементов нет; даже для гелия и неона получены соединения. Для благородных элементов применён голубой цвет, по ассоциации с выражением «голубая кровь» как символом благородства. Голубым залиты благородные газы – гелий, неон, аргон, ксенон, криптон и радон. Голубые также 8 благородных, то есть драгоценных металлов. Это золото, серебро, платина, иридий, палладий, рутений, родий и осмий.

Биосовместимыми металлы являются благодаря пассивации – прочной оксидной плёнке. К традиционно биосовместимым титану, цирконию и танталу добавили гафний, рений, олово и висмут. Олово традиционно используется для запайки консервных банок и для лужения медной посуды. Висмут используется в лекарствах. Также к биосовместимым отнесены, по примеру церия, редкоземельные металлы (соли церия применяются для лечения и предотвращения симптомов «морской болезни»; в стоматологии используется цериевая сталь и керамика с содержанием диоксида церия). Исключением является прометий (он радиоактивный). Для биосовместимых элементов использован бирюзовый цвет.

Токсичность. Для обозначения токсичности использованы жёлтый и красный цвета. Жёлтый – (свет светофора «внимание») – для обозначения слабой токсичности. Красный цвет – опасность – для обозначения токсичности; чем больше красного, тем выше токсичность. Розовая заливка – токсичные элементы; красная рамка с розовой заливкой – высокотоксичные элементы.

Для классификации использована таблица токсичности «*The ATSDR 2017 Substance Priority List*» [6]. Здесь в порядке убывания токсичности приведены 275 веществ; мы выбрали из них химические элементы. Границу между высокотоксичными и токсичными провели по 50-й позиции таблицы, а между токсичными и слаботоксичными – по 135-й.

Высокотоксичные элементы в порядке уменьшения токсичности: – мышьяк, свинец, ртуть, кадмий, хром, фосфор, бериллий, таллий.

Токсичные элементы в порядке уменьшения токсичности: – кобальт, никель, цинк, радий, уран, торий, радон, медь, плутоний, полоний, стронций, америций, барий, актиний и остальные актиниды, йод.

Слаботоксичные элементы в порядке уменьшения токсичности: – марганец, селен, бром, палладий, алюминий, ванадий, фтор, цезий, калий, серебро, сурьма, редкоземельные металлы (за исключением скандия и иттрия), галлий, германий, ниобий, теллур, тантал и висмут.

Радиоактивность. Для обозначения радиоактивности применён серый цвет (как будто чёрный частично распался). У долгоживущих элементов серым обозначено русское название; у элементов со временем полураспада менее суток – латинский символ (чем больше серого, тем выше радиоактивность).

В **10 классе** развиваются и углубляются знания органической химии. Одновременно биология в 10 классе начинается с изучения содержания химических элементов в организме; макро- и микроэлементов. Здесь в дополнение к ХИМ-таблице очень полезна БИО-таблица. Это межпредметная связь в самом лучшем виде.

В **11 классе** развиваются и углубляются знания неорганической химии. Здесь в дополнение к ХИМ-таблице очень полезна ФИЗ-таблица. Она весьма полезна в следующих разделах школьного курса: общая характеристика неметаллов, общая характеристика металлов, а также в конце курса обучения при обобщении материала. Это тема 3. СТРОЕНИЕ АТОМА И ПЕРИОДИЧЕСКИЙ ЗАКОН; тема 7. НЕМЕТАЛЛЫ; тема 8. МЕТАЛЛЫ. Здесь также полезна БИО-таблица. Сведения о токсичности могут быть использованы при изучении темы 9. ХИМИЧЕСКИЕ ВЕЩЕСТВА В ЖИЗНИ И ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЧЕЛОВЕКА; в частности раздела «Охрана окружающей среды от вредного воздействия химических веществ». Также эти сведения полезны при изучении раздела биологии «Угроза экологических катастроф и их предупреждение» в 11 классе; это также пример межпредметных связей.

Кроме этого информация, содержащаяся в таблицах может использоваться при проведении факультативных занятий: «Химия неметаллов и жизнь» (9 класс); «Решение олимпиадных задач по физической химии» (10-11 классы); «Химия Земли» (10-11 классы); «Экология человека и эволюция биосферы» (11 класс).

Использованные источники:

1 Сайто, К. Химия и периодическая таблица. М.: Мир, 1982. – 320 с.

2 https://ru.wikipedia.org/wiki/Периодическая_система_химических_элементов.

3 <https://en.wikipedia.org/wiki/Electronegativity>.

4 <https://ru.wikipedia.org/wiki/Электроотрицательность>.

5 https://en.wikipedia.org/wiki/Composition_of_the_human_body#Elemental_composition_list.

6 <https://www.atsdr.cdc.gov/SPL/index.html>.

7 Курилина, Е. С. Химические, биологические, физические свойства элементов таблицы Д. И. Менделеева // Е. С. Курилина, С. Л. Курилин – Біялогія і хімія, № 4, 2018. – С. 20-24.

Отзывы и предложения: s.kyrlin@mail.ru.