

- Учебно съдържание, планове и програми ●
- Curriculum Matters ●

БИОГЕННИ ЕЛЕМЕНТИ В ГИМНАЗИАЛНОТО ОБРАЗОВАНИЕ¹⁾

¹Радка ТОМОВА, ²Лиляна БОЯНОВА, ¹Камен ЦАЧЕВ

¹Медицински университет – София

²Софийски университет „Св. Климент Охридски“

Резюме. Проучена е включената в учебниците по химия и опазване на околната среда от 7. до 11. клас информация за биогенните елементи. Този преглед показва, че наличната информация е свързана с екологична тематика. Коментират се въпроси, които се отнасят до здравословни проблеми, причинявани от някои елементи и вещества, както и мерки за отстраняване. Бе установено, че няма единство в използваната терминология. Някои от дефинициите не съответстват на установените в медицината, а други, необходими за класифициране на биогенните елементи не са дадени. Конкретно понятието биогенни елементи не е дефинирано. В работата са предложени дефиниции за биогенни елементи, есенциални макро- и микроелементи, неесенциални токсични и терапевтични елементи, референтни стойности за есенциалните микроелементи, както и класификация на биогенните елементи и допълнителни сведения за тях. Информацията ще обогати учебното съдържание по *Химия и опазване на околната среда*.

Keywords: chemistry education, bioelements, essential elements, macro- and micro- essential elements, nonessential therapeutic and toxic elements.

Въведение

В учебниците по химия и опазване на околната среда за 7. —11. клас, издадени след 2000 г. [1-11], освен информацията за свойствата на химичните елементи, техните прости вещества и химични съединения, винаги присъства и информация за тяхното разпространение, биологично и токсично действие, както и мерки за оказване на първа помощ при отравяне. Този материал е не само полезен за оформяне на светогледа на учениците, но и разкрива връзки на химията с живота, което е една важна задача на образованието по химия. Освен това подобни теми провокират любопитство и интерес и са предпоставка за положителна мотивация за учене.

Внимателният прочит на съдържанието на материала обаче показва, че липсва достатъчно информация за физиологичното действие на биогенните елементи, за механизма на тяхното действие, за пределно допустимите концентрации в човешкия организъм и факторите, от които зависят последните. Прави впечатление, че предоставената фактология е дадена в общ план и не е систематизирана. Липсва единство в използваната от различните автори терминология. Някои от използваните понятия не съответстват на приетите в медицинската литература, а други липсват. Често предложените факти по темата не са съобразени с възрастта на учениците.

Затова считаме, че е полезно и необходимо да се предостави на авторите на гимназиални учебници единна терминология и класификация на биоелементите, която да се използва при написване на новите учебници и учебни помагала. Изясняването на понятията *биогенни елементи*, *макроелементи*, *микроелементи*, *токсични елементи*, *референтни стойности* ще бъде полезно и за учителите и смеем да се надяваме, че ще помогне за тяхното осмисляне и усвояване.

Преглед на учебниците по химия и опазване на околната среда 7.—10. клас

В седми клас се изучават елементите натрий и хлор с техните прости вещества и най-важни съединения като солна киселина и натриева основа. Заедно с това учениците получават и сравнително богата информация за елементите от алкалната и халогенната група. В действащите учебници по химия и опазване на околната среда за 7. клас [1, 2] тази информация е представена впечатляващо и същевременно е съобразена с възрастта на учениците. Материалът е поднесен така, че грабва вниманието на читателя. В [2] авторите са дали разпространението на елементите в природата като процент от масата на земната кора. Включени са сведения и за съдържанието и функциите на елементите в организма и съдържанието им в различните храни. Присъстват и исторически сведения и сведения за откриването и използването на тези химични вещества.

Учебниците за 8. клас [3-5], наричани помагала, също съдържат сведения за биогенните елементи. Изучават се елементите калций и магнезий от 2.А група, сяра и съединенията ѝ — от 6.А група и алуминий — от 3.А група. И тук се наблюдава използването на подхода, изискуем към учебниците за 7. клас. В част от случаите сведенията са поместени при изучаване на съответното просто вещество, както и при по-важните съединения, които имат важно практическо значение. Така в [5] се отбелязва необходимостта от калций в храната на човек както и значението на витамин Д за селективно му натрупване в организма. Подчертава се и значението на калция за почвеното плодородие. Има и предвидени уроци за значението на елементите, където е поместена по-богата информация. Така в [3, 4] се отбелязва, че в тялото на човека и всички топлокръвни животни магнезий се съдържа в костите, черния дроб и мускулите, че дневната нужда е 300-500 mg магнезий дневно, че при недостиг умората настъпва по-бързо и се нарушава работата на сърцето. Посочени са и плодове с богато съдържание на магнезий. Подобна конкретна информация се дава и за калция, като се подчертава, че йоните стимулират сърдечната дейност и регулират съсирването на кръвта, а при недостиг подрастващите развиват болестта рахит.

В учебниците за 9. клас в прегледа на елементите от 5.А и 4.А групи е описан кръговратът на азота, фосфора и въглерода, поддържащ равновесието им в природата [6,7]. Онагледено е трансформирането на минералните вещества от растенията в органични, подходящи за усвояване от животните и човека. Обсъдено е присъствието на елементите от четвърта и пета главна група в състава на биологично важни съединения; например на фосфора — в нуклеиновите киселини, участващи в цитоплазмата и клетъчните ядра, на силиция като силициев диоксид — в стъкловидното тяло на окото и др. [7].

Богата е информацията за отровното действие на азотните оксиди, нитрати, нитрити, амоняка в учебниците за 9. клас. Тук трябва да се отбележи, че свойствата на простото вещество азот N_2 са описани подробно. Дадена е и етимологията на думата (на гръцки „безжизнен“), както и азотната наркоза. Така впечатлението след прочитане на текста е едва ли не, че азотът е по-добре да не присъства в организма. Губи се информацията, че азотът е един от макроелементите в човешкия организъм, разбира се включен в редица биологично активни вещества.

Особено внимание се обръща на въглерода С, като основа на материалната същност на живота, тъй като е основният градивен елемент на всички съединения в растителните и животинските организми. В [7] в темата „Минерални торове“ е дадена класификацията на Либих на елементите, необходими за живота на растенията като макроелементи и микроелемен-

ти в зависимост от количеството, в което са необходими. Но не се споменава, че тя е в сила и за животните и човека.

Натрупването на факти за биологичното действие на химичните елементи продължава в 10. клас. Естествено се въвежда и темата за преходните метали [8]. Прави се преглед на преходните метали. Отбелязва се, че са тежки метали. Електронният строеж се свързва с променливите степени на окисление. Как степента на окисление на преходния метал определя химичният характер на съединението се демонстрира чрез оксидите, хидроксидите и оксокиселините на хрома и мангана.

Преходните метали желязо, кобалт, мед, молибден, манган и цинк се характеризират като биоеlementи, тъй като йоните им са свързани с жизнените процеси. За първи път в гимназиален учебник по химия се говори за „биоеlementи“ [8,9]. Авторите ги определят като „жизнено необходими за човека в много ниски концентрации. Само в определени дози имат полезно действие. Когато количеството им е много по-малко, организмът боледува поради нарушаване на някои биологични процеси. Когато пък концентрацията им е по-висока от необходимата, организмът също боледува поради вредното им въздействие.“

Твърди се, че „тежки метали като сребро, живак, олово и др. не са биологично необходими.“ В действителност представата, създавана в учебниците в средното училище не е коректна, тъй като се счита, че оловото Pb е есенциален ултрамикроелемент, т.е. необходим за организма, но в ултрамикроколичества. И тъй като околната среда е наситена с него, в организма не може да се създаде състояние на недоимък, за да се установят биологичните му функции.

От текста на учебниците [8,9] се налагат някои въпроси, свързани с „биоеlementите“, на които отговор липсва, а именно: Каква е необходимата концентрация, „доза“ и как се определя? Еднаква ли е за всички биоеlementи? Еднаква ли е дозата за даден елемент за хора с различна маса, пол и възраст? *Какъв* е прагът на съдържание на биоеlementи, под който организмът на човек боледува? Защо биоеlementите се превръщат в токсични в концентрация, по-висока от необходимата за организма? Как се обяснява вредното въздействие на същите тези елементи при по-висока концентрация?

Тук ще отбележим, че на тези въпроси не само [8, 9], но и другите учебници по Химия и опазване на околната среда 7. — 10. клас не дават отговор. Няма отговор и в учебника за 11. клас, който е за профилирано обучение. Причината очевидно се крие в програмите по химия и опазване на околната среда.²⁻⁴⁾

В заключение от направения преглед може да се отбележи, че са налице редица положителни моменти в учебниците по Химия и опазване на околната среда, които са в състояние да провокират интереса на учениците за значението и функциите на биогенните елементи. Но трябва да се отбележат и редица пропуски, на които трябва да се обърне внимание. Само в един учебник по химия [8] е направен опит да се дефинират биогенните елементи като химични елементи, без които живите организми не могат да съществуват. Не е изяснено, че някои от биогенните елементи са структурен елемент на живите организми, а останалите са необходими за нормалното протичане на всички жизнени функции на организма (*есенциални елементи*). Въпреки, че се споменава за „минимална доза“, в която „биоелементите“ трябва да присъстват в организма за нормално протичане на съответните биологични процеси, конкретна информация, че в човешкия организъм есенциалните елементи са в определени концентрационни граници (*референтни стойности*), не е дадена. Не се подчертава, че при понижаване на концентрацията на есенциалните елементи под определена граница, характерна за всеки от тези елементи, се предизвиква нарушаване на обмяната на веществата и това води до заболяване на организма. Липсва достатъчно информация за физиологичното действие на биогенните елементи. Сведенията са частични и недостатъчни. От това страдат предимно учебници, които са издадени по-отдавна.

Може би тези пропуски се дължат на това, че в учебните програми цялостно разглеждане на темата биогенни елементи не е предвидено.²⁻⁴⁾ Вероятно затова няма въведена и класификация на химичните елементи според действието им в организма. Терминологията, която се използва не е единна и не съответства на установената. Желателно е да се коментират и такива въпроси като референтни стойности за мъже и жени и промените, които настъпват с възрастта, за превръщането на биогенните елементи в токсични при концентрации, превишаващи референтните стойности.

Трябва да се отбележи също, че в края на 10. клас учениците са изучили много химични елементи и имат достатъчно познания за биологичните и химичните им свойства, както и за характерните за тях степени на окисление. Необходим е един обобщителен урок на тази тема, в който да се систематизират и затвърдят познанията на учениците по тази тема.

В такъв урок понятията биха се изяснили. При това терминологията трябва да съответства на използваната в медицинската практика и в частност в клиничните лаборатории, чиито резултати всеки от нас се налага да ползва. В този урок може да се въведе класификация на различните елементи според действието на йоните им в организма и според концентрацията, в която са необходими някои от тях. Тук е мястото да се свърже биологичното действие на даден елемент с определена степен на окисление.

Препоръчителна терминология и класификация

Биогенни елементи — определение

От 92 химични елемента, естествено съществуващи в природата, 81 могат да се намерят в живите организми. Коя е причината? Химичните елементи под различна форма са присъствали в обкръжаващата среда още при зараждането на живота. В процеса на еволюцията някои от тях са се утвърдили като необходими съставки на организмите, благодарение на ценните им за живите организми свойства. Такива са: въглерод, водород, кислород, азот, сяра, фосфор, хлор, натрий, калий, калций, магнезий, цинк, желязо, мед, хром, кобалт, манган, молибден, йод, силиций и др. Пътят им за попадане в живите организми е естествен. Химичните елементи, които се съдържат в земната кора, хидросферата и атмосферата се усвояват от организмите: от земната кора елементите, необходими за съществуването на растенията попадат в тях, като ги абсорбират от почвата. В растенията биоелементите от токсични неорганични съединения преминават в органични съединения, приемливи за живота. Чрез ядливите части на растенията те попадат в животните и човека и есенциалните се включват в състава на техните специфични клетки, тъкани и органели. Други елементи са се оказали с неподходящи за живота качества.

Поради постоянното им постъпване в организма от средата, и за едните (необходимите), и за другите елементи (с неподходящи за живота качества), съществуват пътища за отстраняването им, ако са в допустими граници. За метаболизиране на биоелементите в организма има по-разнообразни и по-активни биохимичните схеми в сравнение със съвременните ксенобиотици, продукт на човешката дейност.

Химичните елементи, които се срещат в биосферата се наричат *биогенни елементи* или *биоелементи* [12-22].

Есенциални и неесенциални елементи

Някои от биогенните елементи при недостиг в организма провокират симптоми, отстранени чрез приема им. Такива биогенни елементи се наричат есенциални [14-17].

Есенциалните елементи са малка част от биогенните елементи. Те участват в строежа и функционирането на живите организми. Включването им в състава на организмите се дължи не толкова на тяхното разпространение в природата, а на свойствата им, които ги правят биогенни.

В зависимост от количеството на есенциалните елементи в организма те биват макро- и микроелементи (олигоелементи).

Макроелементите са необходими за организма в количество от порядъка на грамове. Около 99 % от общата маса на биоелементите в орга-

низма са макроеlementи. В зависимост от функциите им в организма се делят на органогенни макроеlementи и т. нар. електролити.

Макроеlementите въглерод, водород, кислород, азот, фосфор и сяра са основни структурни елементи на организма, защото изграждат основната маса на всички биологичноактивни молекули. Тези елементи се наричат *органогенни елементи*. В периодичната система те заемат съседни места. Имат малка атомна маса и ядрен заряд. Водородът е винаги от първа валентност, а кислородът от втора. Характерна валентност за азота е трета, за въглерода четвърта, за фосфора пета, за сярата шеста.

Елементите натрий, калий, магнезий, калций, хлор и фосфор са макроеlementи, йоните на които са основни компоненти на биологичните течности. Те имат основно значение за функциите на клетките и организма като цяло. В организма са свързани с йонни връзки в състава на разтворими соли на органични киселини. Те са силни електролити. За концентрацията на тези йони в клиничната лаборатория се е наложил терминът *електролити* [16-23].

Микроелементите са биогенните елементи, които са необходими за организма в количество от порядъка милиграми или части от милиграма (от порядъка 10^{-4} — 10^{-12} g/l). Микроелементи са Co, Cr, Cu, F, Fe, I, Mn, Mo, Ni, Se, Si и Zn. Те изпълняват в организма каталитични и други функции. Количеството на Cu, Fe и Zn е от порядъка на mg. Останалите са необходими в количество под 1 mg и някои автори ги означават като *ултрамикроелементи*.

Биогенните елементи, без които живите организми могат да съществуват, се означават като *неесенциални биогенни елементи*. Те се делят на:

- *терапевтични* — елементи, внесени с лечебна цел (Li, Al, Pt, Ag).
- *токсични* — попаднали в организма от околната среда (Pb, Cd, Sn, Hg).

Неесенциални терапевтични микроелементи

Pt, Li, Ag, Al, Au се използват в терапията на някои заболявания. Комплексни съединения на платиния спират процесите на деление на бързоделещи се клетки и се използват в химиотерапията.

Литиеви соли се използват при лечение на маниакални разстройства, при които се наблюдават промени на психичното състояние от хиперактивна възбуда до депресии, както и нарушаване на биологичния часовник.

При лечение с терапевтични микроелементи постъпването и метаболизмът им се следят чрез анализ на тяхната концентрацията в кръвта и слюнката.

Неесенциални токсични микроелементи

Hg, Sn, Pb, Bi, Cd, As имат силно токсично действие, дори в много ниски концентрации. Блокират сулфхидрилните SH групи на белтъците или изместват Cu и Zn от активните центрове на някои ензими. По този механизъм блокират действието на два основни ензима в синтеза на хемоглобина. Затова са наречени сулфхидрилни отрови.

Някои метали с токсично действие се отстраняват като в организма се внасят съединения, които образуват с тях разтворими комплекси. Така токсичните метали се екскретират с урината.

Референтни стойности на есенциалните микроелементи

Има три концентрационни нива на есенциалните микроелементи, които съответстват на три състояния на организма: *недоимъчно*, *есенциално* оптимално за живота и *токсично*. Интервалите от концентрации на есенциалните елементи, които са оптимални за функциониране на организма се определят като техни *референтни (сравнителни) стойности*. Терминът референтни стойности е предложен от IFCC (International Federation of Clinical Chemistry) през 1978 г. [16,18-23]. Използваният преди това в клиничните лаборатории термин *нормални стойности* *отпадна* като неподходящ. Причина са различните представи за здрав и нормален човек.

БЕЛЕЖКИ

1. Доклад на 43-та Национална конференция на учителите по химия в Ловеч, 26-28 ноември 2009 г.
2. *Химия*. **12**, 336-344 (2003).
3. *Химия*. **12**, 345-353 (2003).
4. Учебни програми – IV част. За задължителна и профилирана подготовка IX, X, XI и XII клас (Културно-образователна област: Природни науки и екология). ГРПИ – МОН, София, 2003.

ЛИТЕРАТУРА

1. Близнаков, Г., Л. Боянова, В. Найденова, К. Николов, И. Ушагелов. *Химия и опазване на околната среда 7. клас*. Просвета, София, 2008.
2. Павлова, М., М. Кирова, Е. Бояджиева, В. Иванова, А. Кръстев. *Химия и опазване на околната среда 7. клас*. Педагог 6, София, 2008.
3. Боянова, Л., Р. Манева, К. Николов, И. Ушагелов, Е. Тодорова. *Химия и опазване на околната среда 8. клас*. Просвета, София, 2009.
4. Цаковски, С., В. Димитрова, Н. Енчева, А. Генджова, С. Попова, Р. Петрова. *Химия и опазване на околната среда 8. клас*. Анубис, София, 2009.

5. **Нейков, Г., С. Бенева, Л. Николова, Л. Овчарова, М. Йотова.** *Химия и опазване на околната среда 8. клас.* Булвест 2000, София, 2009.
6. **Bliznakov, G., L. Boyanova, A. Sokolova, P. Ribarska.** *Chemistry and Environmental Protection 9. Grade.* Anubis, Sofia, 2002.
7. **Павлова, М., Е. Бояджиева, В. Иванова, М. Кирова, Н. Микова.** *Химия и опазване на околната среда 9. клас.* Педагог 6, София, 2008.
8. **Bliznakov, G., L. Boyanova, A. Sokolova, P. Ribarska.** *Chemistry and Environmental Protection 10. Grade.* Anubis, Sofia, 2002.
9. **Нейков, Г., С. Караиванов, Л. Николова, С. Бенева, Л. Овчарова, М. Йотова.** *Химия и опазване на околната среда 10. клас.* Булвест 2000, София, 2002.
10. **Павлова, М., Е. Бояджиева, В. Иванова, М. Кирова, Н. Микова, Г. Василев.** *Химия и опазване на околната среда 10. клас.* Педагог 6, София, 2002.
11. **Близнаков, Г., Л. Боянова, Р. Манева, К. Николов.** *Химия и опазване на околната среда 11. клас.* Просвета, София, 2002.
12. **Iyengar, G.V.** *Elemental Composition of Human Issues and Body Fluids.* Vch. Pub., Wiencheim, 1978.
13. **Schrauzer, G. N.** *The Discovery of the Essential Trace Elements: An Outline of the History of Biological Trace Elements Research.* In.: Frieden, E. (Ed.). *Biochemistry of the Essential Ultratrace Elements.* Plenum Press, New York, 1984, pp. 17-33.
14. **Дамянова, Л., А. Алексиев, В. Лесичков, Х. Киряков.** *Учебник по химия за студенти по медицина и стоматология.* Наука и изкуство, София, 1987.
15. **Костадинова, К., К. Найденов, М. Николов.** *Ръководство за упражнения по химия за студенти по медицина и стоматология.* Арсо, София, 1998.
16. **Nikolov, M., I. Ivanov, M. Matova, R. Tomova, T. Tsanova, K. Naydenov.** *Practical Course of Chemistry for Medical Students.* Reko, Sofia, 2009.
17. **Underwood, E.J.** *Trace Elements in Human and Animal Nutrition.* Academic Press, New York, 1987.
18. **Feigl, D.M.** *General, Organic, and Biological Chemistry: Foundations of Life.* Burgess Intl Group, Edina, 1983.
19. **Цветкова, Т.** *Кличнолабораторни резултати — ръководство за студенти медици.* ВМИ, Пловдив, 1996.
20. **Дочев, Д.** *Клинична лаборатория — учебник за студенти по медицина.* Медицина и физкултура, София, 1985.
21. **Дочев, Д., К. Колчаков, Л. Сираков.** *Биохимия и клинична химия — учебник за студентите от специалност фармация.* Булвест 2000, София, 1993.
22. **Цачев, К.** *Рационализиране на изследването на олигоелементи в клиничната лаборатория.* Дисертация за научната степен „доктор на медицинските науки“. Медицински университет, София, 1994.
23. **Попов, Т., З. Запрянов, И. Бенчев, Г. Георгиев.** *Атлас по токсикокинетика.* Медицина и физкултура, София, 1984.

BIOELEMENTS IN THE SECONDARY SCHOOL EDUCATION

Abstract. The information about bioelements, presented in Chemistry and Environmental Protection textbooks for 7th to 11th grade, has been reviewed. The review shows that the available information is connected mainly with the ecological topics. There are commentaries concerning health problems associated with some elements and substances; procedures for their elimination from the human body are described. There is a lack of uniformity of the used terminology. Some of the definitions are not in agreement with those in medicine, while others need to be clarified. In particular, the concept of biogenic elements has not been defined. In the present paper are given definitions of biogenic elements, essential macro- and microelements, non-essential toxic and therapeutic elements, referent values for the essential microelements, classification of biogenic elements and additional information about them. This information could be of use both for teachers and students.

✉ **R. Tomova,**

E-Mail: rtomova@mail.bg

✉ **Prof. Dr. Kamen Tzatchev,**

E-Mail: tzatchev@medfac.acad.bg

Medical University – Sofia

1, St. G. Sofijskij Str.

1431 Sofia, BULGARIA

✉ **Dr. L. Boyanova,**

University of Sofia,

1 James Bourchier Blvd.,

1164 Sofia, BULGARIA

E-Mail: lboyanova@chem.uni-sofia.bg