

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/282120376>

# Biološki značaj cinka

Article · January 2015

---

CITATIONS

0

---

READS

9

3 authors, including:



Nenad S. Krstić

University of Niš

36 PUBLICATIONS 30 CITATIONS

SEE PROFILE

нитивних способности. Продужавање QT-интервала срчаног рада је један од нежељених ефеката који би могао довести до смањеног коришћења лека у терапији. Праћење срчаног пацијената са кардиоваскуларним проблемима је обавезно при коришћењу сертиндола.

Спроведен је мали број истраживања који пореде сертиндол са другим атипичним антипсихотикима. Најчешће су рађене студије које га пореде са халоперидолом и рисперидоном. Бољи резултати добијени у односу на халоперидол, антипсихотик прве генерације, нису изненађујући, док је боље побољшање симптома у односу на рисперидон охрабрујуће. Потребна су даља истраживања која би упоредила ефикасност сертиндола и других атипичних антипсихотика (клозапин, оланазепин).

#### Abstract

SERTINDOLE: PHARMACODYNAMICS, PHARMACOKINETICS, CLINICAL EFFICIENCY, SIDE EFFECTS

Kristina M. LUKIĆ, student of biochemistry, Faculty of Chemistry, University of Belgrade

Schizophrenia is a serious disorder which affects how a person thinks, feels and acts. People with schizophrenia may have difficulty distinguishing between what is real and what is imaginary; may be unresponsive or withdrawn, and may have difficulty expressing normal emotions in social situations (positive and negative symptoms). There are two types of medications for treatment of this complex disease: typical antipsychotics (first generation) and atypical antipsychotics (second generation). Sertindole, as an atypical antipsychotic, acts as antagonist of dopamine and serotonin receptors. Patients treated with sertindole showed significant improvement in both negative and positive disease symptoms. Pharmacodynamics, pharmacokinetics, clinical efficiency and side effects of medication are discussed in this article.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Stephen M. Stahl (2013). *Stahl's Essential Psychopharmacology*. 4th ed. New York: Cambridge University Press. 147-237.
2. Cincotta, S.L., Rodefer, J.S., 2010. Emerging role of sertindole in the management of schizophrenia. *Neuropsychiatr Dis Treat* 6, 429-441.
3. Markowitz, J.S., Brown, C.S., Moore, T.R., 1999. Atypical antipsychotics. Part I: Pharmacology, pharmacokinetics, and efficacy. *Ann Pharmacother* 33, 73-85.
4. Brown, C.S., Markowitz, J.S., Moore, T.R., Parker, N.G., 1999. Atypical antipsychotics: Part II: Adverse effects, drug interactions, and costs. *Ann Pharmacother* 33, 210-217.
5. De Hert, M., Schreurs, V., Sweers, K., Van Eyck, D., Hanssens, L., Sinko, S., Wampers, M., Scheen, A., Peuskens, J., van Winkel, R., 2008. Typical and atypical antipsychotics differentially affect long-term incidence rates of the metabolic syndrome in first-episode patients with schizophrenia: A retrospective chart review. *Schizophrenia Research* 101, 295-303.
6. Crocq, M.A., Naber, D., Lader, M.H., Thibaut, F., Drici, M., Everitt, B., Hall, G.C., Le Jeune, C., Mittoux, A., Peuskens, J., Priori, S., Sturkenboom, M., Thomas, S.H.L., Tanghøj, P., Toumi, M., Mann, R., Moore, N.D., 2010. Suicide attempts in a prospective cohort of patients with schizophrenia treated with sertindole or risperidone. *European Neuropsychopharmacology* 20, 829-838.
7. T.P. Jerussi-US Patent 6, 489, 341, 2002
8. David Murdoch, Gillian M. Keating. (2006). Sertindole A Review of its Use in Schizophrenia. *CNS Drugs*. 20 (3), 234-251.
9. Miljević, Č., Nikolić-Kokić, A., Nikolić, M., Niketić, V., Spasić, M.B., Lečić-Toševski, D., Blagojević, D., 2013. Effect of atypical antipsychotics on antioxidant enzyme activities in human erythrocytes (*in vitro* study): ATYPICAL ANTIPSYCHOTICS, ANTIOXIDANT ENZYMES. *Human Psychopharmacology: Clinical and Experimental* 28.



Марко С. ПЕШИЋ, Ружица С. НИКОЛИЋ, Ненад С. КРСТИЋ,  
Департман за хемију, Природно-математички факултет, Универзитет  
у Нишу, (e-mail: marko.pesic89@yahoo.com)

## БИОЛОШКИ ЗНАЧАЈ ЦИНКА

Цинк је биометал који има есенцијалну улогу у расту и развоју код свих облика животиња. Припада групи биоелемената који се у човековом телу налазе у траговима. Биолошки је бијан метал, са стабилизационом и каталитичком улогом у великом броју ензима.

Хемизам  $Zn^{2+}$  јона у биолошким системима резултат је његове способности да као умерено јака Lewisова киселина формира асоцијативне и комплексне фрагментне тетраедарске структуре са деловима биомолекула преко атома кисеоника, азота или сумпора. Карактеристична стабилност, која је последица електронске конфигурације  $Zn^{2+}: [Ar] 3d^{10}$ .

Цинк је заситљив у више од 300 металoenзима различитих класа, у којима има структурну или каталитичку улогу.

Неактиван је у редокс процесима, са великом брзином измене лиганада и флексибилном координационом геометријом. Учесћује у регулацији транскрипције и трансляције генетског кода.

Код сисара овај биоелемент регулише рад и развиће нервног система, као и имуног система; има улогу у превенцији заразних болести и учествује у регулацији хормонске активности.

## НАЛАЖЕЊЕ И ФИЗИЧКО-ХЕМИЈСКЕ ОСОБИНЕ ЦИНКА

Цинк је умерено распрострањен у Земљиној кори, са просечним учешћем од  $(5,2-8,0) \times 10^{-3}\%$ , тако да не спада међу 20 најзаступљенијих елемената. [1] Прати-



лац је неких других елемената, па се налази у сулфидним лежиштима олова и бабра. Јавља се у облику сулфидних, силикатних и карбонатних руда. Најпознатији минерали цинка су: *цинкиит* –  $ZnO$ , *франклиниит* –  $ZnFeO_4$ , *смиџсонит* –  $ZnCO_3$ , а најраспрострањенији  $ZnS$  јавља се у модификацијама *сфалерит* и *вурциит*.

Цинк је заступљен биоелемент у биљном и животињском свету. Растворне форме цинка су лако доступне биљкама и усвајање овог метала од стране биљака линеарно је зависно од његове концентрације у земљишту. Степен апсорпције је различит код различитих врста биљака, па неке биљке могу послужити као индикатори присутности цинка у земљишту. Биљке акумулирају цинк у својим вршним деловима и корену, па преко ланца исхране долази до животиња и човека. [2]

Намирнице које се истичу по садржају овог метала су остриге, црвено месо, риба, јаја, млечни производи, житарице и поврће (Табела 1). [3] Код одраслог човека цинк се јавља са просечним садржајем од 2 до 3 грама, те представља други по заступљености *d*-елемент који се налази у траговима, после гвожђа. [4]

Табела 1. Просечан садржај цинка (mg/kg) у неким животним намирницама које се гаје на територији Србије [1]

НАМИРНИЦА	САДРЖАЈ (mg/kg)
Зелена салата	55
Репа	35
Пасуљ	35
Кукуруз	30
Шаргарепа	24

У киселој и оксидујућој средини долази до растворања минерала цинка и формирања његове покретне форме у виду слободног јона или у форми хидратисаног комплекса, најчешће преко кисеоничних везивних места разноврсне органске материје земљишта. [5,6]

Двовалентни  $Zn^{2+}$  јон је неактиван у редокс процесима, на супрот јонима гвожђа, мангана или бабра. Са  $d^{10}$  електронском конфигурацијом ( $Zn^{2+}: [Ar] 3d^{10}$ ) не показује апсорпциону спектралну активност због одсутности *d-d* прелаза, што ограничава примену спектралних техника у проучавању присуства и улоге овог јона у живом свету. Биолошка активност цинка условљена је његовом структуром и особинама. [7,8]

## ЦИНК У ЉУДСКОМ ОРГАНИЗМУ

Цинк је код човека присутан у ћелијама и свим метаболички активним ткивима и органима. Највећи део укупног  $Zn$  се налази у мишићима и костима, док је остатак распоређен у јетри, панкреасу, кожи, бубрежима и нервном систему. Интрацелуларно је присутно 95% цинка. На пример, концентрација овог елемента у еритроцитима је око 10 пута већа него у плазми, преваходно због учешћа у ензиму карбоанхидрази. [3]

У организам се уноси храном, углавном везан за протеине. Ресорпција се обавља у дигестивном тракту, а кроз крв се преноси везан за албумине плазме. Из организма се излучује преко уринарног и дигестивног тракта. [9] Препоручени дневни унос је 11 mg/дан за мушкарце и 8 mg/дан за жене, док се строгим вегетаријанцима саветује 50% већи унос од поменутог. [3]

## ЕНЗИМИ

Цинк је једини биоелемент који је заступљен у свих шест најбитнијих класа ензима: *оксигорегукиаза* (супероксид-дисмутаза), *џрансфераза* (РНК-полимераза), *хидролаза* (карбокси-пептидаза А), *изомеразе* (фосфоманоza-изомеразе), *лиазе* (карбоанхидраза) и *липазе* (пируват-карбоксилаза). Такође, заслужан је за појаву карактеристичних сегмената, налик прстима, у бројним протеинима за регулацију транскрипције са ДНК на РНК. [4,10]

Јон цинка у протеинима постоји у облику комплексних фрагмената и има неку од следећих улога: каталитичку, структурну или кокаталитичку (слика 1). Потпуно попуњени *3d* подниво утиче на одсуство стабилизационих ефеката лигандног поља на комплексе цинка, па геометрију ових координационих једињења условљава искључиво величина и наелектрисање лиганда. Цинк показује велику флексибилност у координационој геометрији. Ипак, већина цинк-зависних протеина показује тетраедарску координацију овог јона.  $Zn^{2+}$  јон је релативно "добра" тврда Lewis-ова киселина (само је  $Cu^{2+}$  "боља" Lewis-ова киселина), тако да интеракције остварује преко атома кисеоника из воде или аминокиселинских остатака делова протеина (најчешће из Asp, Glu), азота (His) и сумпора (Cys). [4,10] У току ензимске активности  $Zn^{2+}$  јон се може наћи и у тригонално-бипирамидалној координацији, са координационим бројем 5. [7]



Слика 1. Прва координациона сфера јона  $Zn^{2+}$  ензимског система у коме се налази, у зависности од улоге коју обавља

Према функцији коју обављају у организму ензими цинка припадају различитим класама. Пептидазе и амидазе учествују у раскидању амидних веза; овде спадају пептидазе термолизин и карбокси-пептидаза, као и  $\beta$ -лактамазе (отварају четворочлане  $\beta$ -лактамске прстене пеницилина). Металопротеиназе матрикса

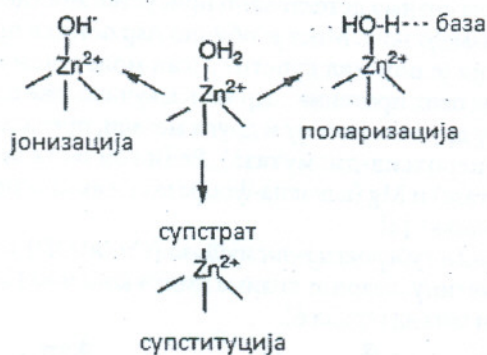


разграђују компоненте екстрацелуларног матрикса, као што је колаген. Посебну групу чине ензими који учествују у раскидању фосфодиестарских веза ДНК и РНК. [4]

### МОНОНУКЛЕАРНИ ЕНЗИМИ ЦИНКА

Први ензим цинка је откривен 1940. (карбоанхидраза), а наредни 1955. године (карбокси-пептидаза А) и о овим ензимима данас има највише литературних података. [11] Каталитички активни  $Zn^{2+}$  јон у тетраедарској координацији везан је са три донор атома из протеина, најчешће преко азота у His или тиолатне групе у Cys. Четврто координационо место заузима молекула воде:  $(XYZ)Zn^{2+}-OH_2$ . На особине и активност ензима осим врсте лиганда утиче и њихов положај у секвенци протеина. [4]

Механизам деловања мононуклеарних ензима цинка последица је понашања молекула воде из прве координационе сфере (слика 2). Један од могућих реакционих путева активног центра ових ензима је јонизација  $H_2O$ , након чега цинк бива координисан хидроксилним анјоном (карбоанхидраза). Друга два начина деловања су поларизација базом (у карбокси-пептидази) и супституција  $-OH_2$  лиганда неким супстратом (као код алкил-фосфатазе).  $Zn^{2+}$  је јак електрофилни катализатор који активира молекулу воде за нуклеофилни напад, поларизује карбонилну групу везе која се раскида и стабилизује негативно наелектрисање прелазног стања. [4]



Слика 2. Реакциони путеви ензима цинка, узимајући у обзир само прву координациону сферу метала

### КАРБОАНХИДРАЗА

Многи физиолошки процеси захтевају брзо успостављање равнотеже између  $CO_2$ ,  $HCO_3^-$  и  $H_2CO_3$  и то при неутралним и слабо базним рН вредностима. Успостављање ове равнотеже је спор и захтеван процес који карбоанхидраза убрзава око  $10^6$  пута. [11]

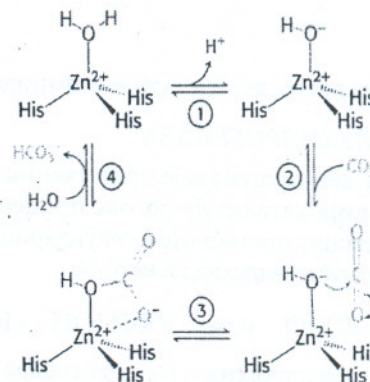


Карбоанхидраза (молекулска маса око 30000 Da) представља пример цинк-зависног ензима који у координационој сфери метала има хидроксилни јон настао јонизацијом молекула воде. Хидроксилни јон је

добар нуклеофил и погодан за напад на парцијално позитивно наелектрисани угљеник из  $CO_2$ .  $Zn^{2+}$  јон лежи на дну конусног удубљења од  $15 \text{ \AA}$  и везан је за протеин преко три различита His остатка, док четврто место у координационој сфери припада молекулу воде. Вода гради водоничну везу са Thr остатком, који је даље повезан са остатком Glu, такође преко водоничне везе. [4]

Механизам дејства карбоанхидразе се може приказати у неколико корака (слика 3):

1. депротоновање молекула воде, процесом који омогућује база His64. Аминокиселински остаци удубљења у коме се налази  $Zn^{2+}$  снижавају иначе много виши рКа ( $ZnOH_2$ ) на око 7. Функцију базе обавља His64, који је предалеко од метала да би директно уклонио протон, па се сматра да се депротоновање одвија преко два молекула воде, који формирају мрежу водоничних веза која делује као носач протона и поларизује карбонилну везу
2. Хидроксилни јон везан за цинк нуклеофилно напада супстрат угљен-диоксида и генерише хидрогенкарбонатни интермеђијер  $[(His)_3Zn-OH---CO_2] \rightarrow [(His)_3Zn-OCO_2H]^+$
3. Овај интермеђијер бива замењен молекулом воде, отпуштајући бикарбонат. На овај начин се комплетира каталитички циклус.



Слика 3. Механизам деловања карбоанхидразе

$Zn^{2+}$  јон има кључну улогу у овом процесу, његова шаржа чини везу О-Н киселијом него што је у слободној води, па је могуће генерисати нуклеофил чак и при неутралном рН, а не при рН=10 што је очекивана вредност рН за депротонизацију воде. [11]

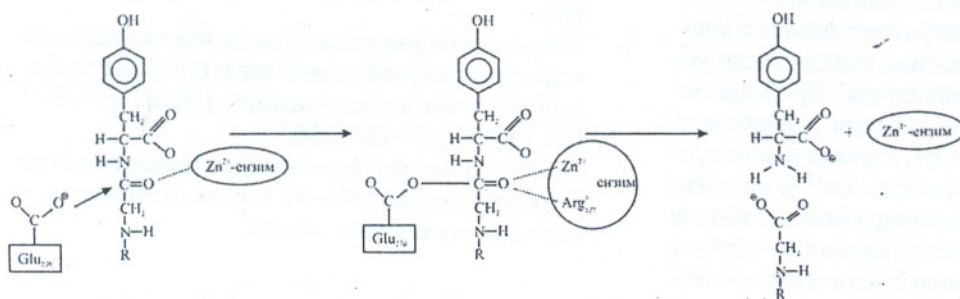
### КАРБОКСИ-ПЕПТИДАЗЕ И ТЕРМОЛИЗИНИ

Највећи број ензима цинка укључен је у реакције хидролизе, често са раскидањем пептидне везе. Карбокси-пептидазе су егзопептидазе, које уклањају аминокиселине са карбоксилног краја протеина, а посебан афинитет показују ка пептидима чији се ланац завршава ароматичном или алифатичном аминокиселином са рачвом. Конформација молекула је таква да се формира жлеб у коме се налази Zn, и један његов близу овог места, који може прихватити велики неполарни бочни ланац. [10,11] Термолизини представљају



ендопептидазе, које раскидају пептидне везе у средни полипептидног ланца. Оба ова ензима имају скоро идентична активна места са два His и једним Glu остатком као лигандима везаним за  $Zn^{2+}$ . Показало се да Glu остатак може бити везан као монодентатни (четврта координација је са  $H_2O$ ) и бидентатни лиганд. [4]

У карбокси-пептидази А (приближна маса 34600 Da) цинк је везан за донор атом (азот или кисеоник) из His69, Glu72 и His196, као и за молекулу воде, који може бити супституисан. Карбонилни угљеник пептидне везе је у контакту са Glu270. Могући механизам деловања подразумева хидролизу пептидне везе „нападом“ хидроксилног анјона везаног за цинк или се овај процес одвија супституцијом молекула воде у сфери цинка атомом кисеоника карбонилне групе пептидне везе (слика 4). Цинк у овом процесу учествује два пута као Lewis-ова киселина: једном мења киселост везе  $Zn-OH_2$ , па се формира  $OH^-$  нуклеофил и други пут, када веже и поларизује карбонилну групу. [4]



Слика 4. Механизам дејства карбокси-пептидазе А

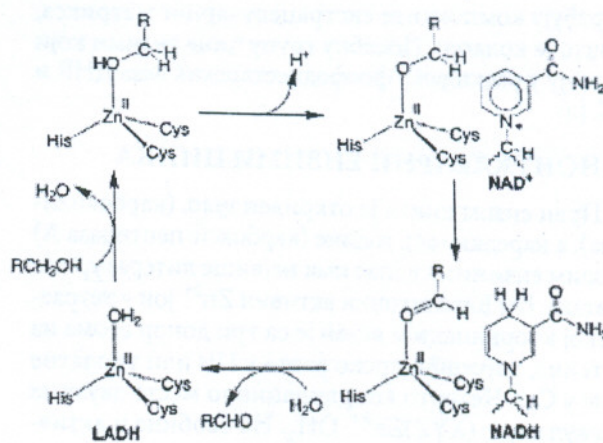
#### АЛКОХОЛ-ДЕХИДРОГЕНАЗА

Алкохол-дехидрогеназа је представник класе ензима цинка који катализују редокс процесе, у овом случају оксидацију примарних и секундарних алкохола до одговарајућих алдехида и кетона:



Алкохол-дехидрогеназа из јетре сисара је димерни протеин, чија свака подјединица садржи по два  $Zn^{2+}$  јона, а само један од њих је каталитички активан. Каталитички активан јон цинка има деформисану тетраедарску структуру, на чијим се роњевима налази један His и два Cys остатка. Остала три  $Zn^{2+}$  јона имају структурну улогу и координисани су тетраедарски са четири Cys остатка [ $Cys_4Zn$ ]. [4] Улога цинка у реакцијама дехидрогенизације је да помогне депротонизацију алкохола, као и да повећа шансе за трансфер хидрида алкоксидног интермеђера.

Механизам активности започиње супституцијом молекула воде везаног за  $Zn^{2+}$  долазећим алкохолним супстратом. Депротонизација координисане алкохолне групе обухвата интермеђер у виду алкоксида цинка, који врши трансфер хидрида на  $NAD^+$  и даје алдехид везан за цинк и  $NADH$ . Молекул воде супституише алдехид и формира почетни активни центар, а  $NADH$  бива уклоњен, комплетирајући тако каталитички циклус (слика 5).



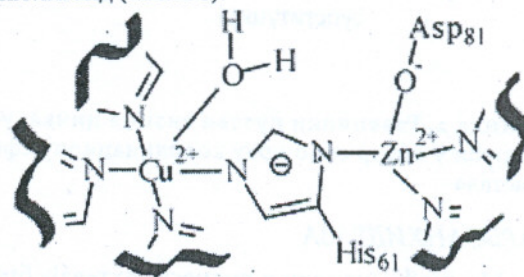
Слика 5. Механизам деловања алкохол-дехидрогеназе

#### ПОЛИНУКЛЕАРНИ И КОКАТАЛИТИЧКИ ЕНЗИМИ ЦИНКА

Цинк је заступљен и у полинуклеарним ензимима, најчешће бинуклеарним. У овим структурама јони метала су просторно блиски, чак је код вели-

ког броја ензима детектовано присуство мостног лиганда између њих. Мост је обично Asp остатак протеина, који је понекад супституисан молекулом воде. Неки од ових протеина садрже искључиво јоне цинка, док се у другима јављају и други метали, превасходно Cu (супероксид-дисмутаза), Fe (љубичасте киселе фосфатазе) и Mg (алкална-фосфатаза и аминокиселина-пептидаза сочива). [4]

*Cu-Zn супероксид-дисмутаза (CuZnSOD)* је пример мултинуклеарног ензима цинка који има His као мостни лиганд (слика 6).



Слика 6. Прва координациона сфера око метала у *Cu-Zn* супероксид-дисмутази

*CuZnSOD* разграђује супероксидне анјоне до кисеоника и водоник-пероксида. Цинк има структурну улогу, док бакар каталише редокс процесе. Недостатак  $Zn^{2+}$  у овом ензиму изазива стечене и наследне неуродегенеративне болести (нпр. склерозу), што потврђује есенцијалност цинка иако нема каталитичку улогу. Механизам дејства *CuZnSOD* може се представити преко реакција:





У динуклеарне ензиме цинка спадају и метало- $\beta$ -лактамазе, бројне аминокиселинске пептидазе и алкил-фосфатазе.

## МЕТАЛОТИОНИНИ

Металотионици су протеини релативно мале молекулске масе (6000 - 10000 Da) изоловани из сисара, зглаварка, плесни, квасца. Једна трећина аминокиселинских остатака ових полипептида су цистеински остаци, па металотионици имају велики капацитет реверзибилног везивања метала који имају афинитет ка тиолатним лигандима (Zn, Cu, Cd, Pb, Hg). Ова особина омогућава транспорт и одржавање интрацелуларне концентрације цинка. [3] Металотионици налазе употребу у детоксикацији, особито код тровања кадмијумом. [11]

## ТОКСИЧНОСТ И ЛЕКОВИ

Цинк је неопходан при расту и развоју, а има и терапеутске и превентивне ефекте на неке заразне болести. Смањује време трајања прехладе код људи. Овај биометал учествује у регулацији хормонске (тестостерон,  $T_4$ , ендокрини панкреас) и активности имуног система. [12] Недостатак цинка неповољно утиче на регулацију аутономног нервног система, као и на развиће хипокампуса и церебелума. Даље, недостатак овог метала у организму може довести до епилептичних напада, смањене могућности адаптације на стрес, анксиозности, промена на кожи, дијареје, депресије, респираторних инфекција, алопеције. [3]

Дуготрајни унос цинка у количинама већим од препоручене дневне дозе може изазвати негативне ефекте на организам. Доводи до неуролошких и поремећаја у метаболизму гвожђа, скраћује животни век еритроцита, узрокује појаву анемије, изазива значајно повећање амилазе и липазе у серуму и глукозе у крви. [9] Количине веће од 60 mg дневно изазивају блокаду интестинале апсорпције бабра и недостатак овог биометала. [3] Нагомилавање цинка и бабра у облику можданог плака је један од главних узрочника појаве Алцхајмерове болести. [13]

Дневне потребе за цинком задовољавају се нормалним режимом исхране. Користе се и бројни дијететски суплементи цинка, у облику таблета, капсула или пастила. Ови препарати садрже цинк у облику соли, најчешће ацетата, глуконата или сулфата. У широкој употреби су и пасте на бази ZnO, које се користе за спољашњу употребу при третману алопеције, херпеса и дерматитиса. За лечење и превенцију прехлада употребљавају се хомеопатски препарати који садрже цинк-сулфат. [12]

Новија истраживања су показала да се цинк релативно успешно може користити у терапијама против малигних обољења и ХИВ-а. Овакву активност по-

казује  $\text{Zn}^{2+}$  јон хелатиран адекватним агенсима. Најбоље резултате показао је комплекс  $[\text{Zn}_2(\text{AMD3100})]^{4+}$ , где је AMD3100 ознака лиганда који је бицикламског типа у коме су појединице повезане преко бензенског прстена. [13]

## МЕДИЦИНСКИ ЗНАЧАЈ $\beta$ -ЛАКТАМАЗА

$\beta$ -лактами представљају најважнију класу антибиотика, иако је примећена повећана отпорност бактерија на исте. У највећем броју случајева, ова резистентност бактерија је последица продукције  $\beta$ -лактамаза, ензима који раскидају четворочлани  $\beta$ -лактамски прстен пеницилина, цефалоспорина и карбопенема. Познате су четири класе  $\beta$ -лактамаза, од којих је најскорије откривена метало- $\beta$ -лактамаза (садржи динуклеарни центар  $\text{Zn}^{2+}$ ). Један од цинкових јона је тетракоординисан, са сфером  $[(\text{His})_3\text{Zn}(\mu\text{-OH})]$  у којој хидроксилни јон представља мост лиганд до другог јона цинка, који пак има тригонално бипирамидалну геометрију са делом  $[(\text{His})(\text{Asp})(\text{X})\text{Zn}(\text{OH}_2)(\mu\text{-OH})]$ , где X може бити His или Cys. [4]

## ДЕЛОВИ ДНК И РНК СА ЦИНКОМ

Јон цинка је присутан у наследном материјалу. Одговоран је за појаву карактеристичних „прстастих“ сегмената у бројним протеинима за регулацију транскрипције са ДНК на РНК. Молекул TFIIIA обавља улогу транскрипционог фактора једног гена рибозомалне РНК. Овај молекул везује друга два транскрипционог фактора и РНК полимеразу III, што доводи до почетка транскрипције 5S rRNA гена. TFIIIA садржи 9 сличних низова са око 30 аминокиселинских остатака, који се понављају тандемски.  $\text{Cys}_2\text{His}_2\text{Zn}$  фрагменти се јављају од 2 до 37 пута међу еукариотским факторима транскрипције, па око 1% свих протеина сисара има овај фрагмент. На овај начин се формирају петље налик на прсте, па су и добили такав назив („Fingers“). У неким „прстастим“ творевинама цинка остаци His могу бити замењени Cys ( $\text{Cys}_2\text{Cys}_2\text{Zn}$ ), а јавља се и октаедарски распоред око централног јона ( $\text{Cys}_6\text{Zn}$ ). Као и код раније поменутих ензима, структурна разноликост је заштитни знак протеина цинка. [4]

## ABSTRACT

### BIOLOGICAL IMPORTANCE OF ZINC

Marko S. PEŠIĆ, Ružica S. NIKOLIĆ, Nenad S. KRSTIĆ, Department of Chemistry, Faculty of Sciences and Mathematics, University of Nis

Zinc is a biometal which has an essential role in the growth and development in all forms of life. It belongs to a group of bioelements, which has been found in trace amounts in human body. It is a biologically important metal, with stabilizing and catalytic role in a large number of enzymes.

Chemistry of  $\text{Zn}^{2+}$  ion is a consequence of the coordinative bond, in which the ion acts as a Lewis acid. It is characterized by stability, provided by the electronic configuration  $\text{Zn}^{2+}$ :  $[\text{Ar}] 3d^{10}$ .

Zinc is widely involved in the regulation of transcription and translation of the genetic code. This metal is found in more than 300 metalloenzymes from different classes, wherein it plays the structural and catalytic role.

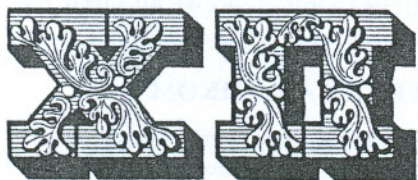


Zinc is inactive in redox processes, with high-speed changes of ligands and flexible coordination geometry.

In mammals, this bioelement regulates the activity and development of the nervous system and the immune system, prevents the contagious diseases and participates in the regulation of hormonal activity.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Kabata-Pendias A., Mukherjee A.B. (2007): Trace Elements from Soil to Human, Springer-Verlag Heidelberg, Berlin
2. Kabata-Pendias A., Pendias H. (2000): Trace Elements in Soil and Plants, CRC Press
3. Burtis C., Ashwood E., Bruns D., Sawyer B. (2008): Fundamentals of Clinical Chemistry (Tietz) - 6<sup>th</sup> edition, Saunders
4. Crichton R. (2008): Biological Inorganic Chemistry An Introduction, Elsevier
5. Радосављевић-Стевановић Н. (2014): Нови форензички аспекти примене резултата анализе система: земљиште-биометали-биоматеријали, Докторска дисертација, ПМФ Ниш
6. Јаковљевић М., Пантовић М. (1991): Хемија земљишта и вода, Научна књига Београд
7. Vallee B. L., Auld D. S. (1990): Zinc coordination, function and structure of zinc enzymes and other proteins, Biochemistry, 29, 5647-5659
8. Filipović I., Lipanović S. (1982): Орџа и анорганска кхемија, Школска књига Загреб
9. Крстић Н. (2013): Испитивање интеракције М(II) јона биометала у модел системима са фармацеутским препаратима и суплементима типа киселина као потенцијалним лигандима, Докторска дисертација, ПМФ Ниш
10. Voet D. and Voet J. G. (2004): Biochemistry, 3<sup>rd</sup> edition, Wiley, New York
11. Cotton, G. Wilkinson (1972): Advanced Inorganic Chemistry, John Wiley and sons
12. Walsh C. T., Sandstead H. H., Prasad A. S., Newberne P. M., Fraker P. J. (1994): Zinc: Health Effects and Research Priorities for the 1990s, Environmental Health Perspectives, vol. 102, 5-46
13. Dabrowiak J. (2009): Metals in medicine, Wiley, New York



## ВЕСТИ из ШКОЛЕ ВЕСТИ за ШКОЛЕ



Наташа БУКУМИРИЋ (e-mail: [natasa.bukumiric@gmail.com](mailto:natasa.bukumiric@gmail.com)),  
Весна М. АЛИВОЈВОДИЋ (e-mail: [valivojvodic@politehnika.edu.rs](mailto:valivojvodic@politehnika.edu.rs)),  
Шимон А. ЂАРМАТИ (e-mail: [simondjar@politehnika.edu.rs](mailto:simondjar@politehnika.edu.rs))  
Висока школа струковних студија, Београдска политехника

### СТАВОВИ УЧЕНИКА СРЕДЊИХ ШКОЛА О ЕЕ-ОТПАДУ И ЊЕГОВОМ ЗБРИЊАВАЊУ У РЕПУБЛИЦИ СРБИЈИ

#### САЖЕТАК

Сигнални најредак друштва условљава убрзан развој савремених технологија и намеће потребу за новијим и савременијим техничким системима што за последицу има генерисање велике количине неуједљивих електричних и електронских компоненти. С друге стране, иновације у овој области, ајресивне маркетиншке кампање произвођача електронске опреме утичу на то да се чак и иошћуно исправна техника учини превазиђеном након ујошћребе од свега јодину или две. Како се наведено посебно везује за младе, вршено је испитивање у средњим школама у циљу добијања увида о ујошћености ученика у ојасности и шћићености електричној и електронској ојћијада (ЕЕ-ојћијада), о шћићену збрињавања ЕЕ-ојћијада у Србији, затим шћићену досадашњеј, али и шћремности ученика за будуће анијажовање у циљу решавања овој проблемма.

#### УВОД

ЕЕ-отпад је упрошћен термин за све електричне и електронске уређаје и опрему који из било ког разлога

након одређеног времена постају неупотребљиви и одбачени. Велики проблем данашњице, условљен актуелним трендовима сталног информатичког развоја, јесте суочавање са константним порастом овог отпада [1]. ЕЕ-отпад садржи ретке и драгоцене метале, те се уз адекватне процесе рециклаже, може сматрати њиховим значајним извором. Вредне компоненте које се могу наћи у ЕЕ-отпаду су: гвожђе, алуминијум, бакар, олово, никл, калај, злато, сребро, платина и паладијум. Неке од наведених супстанци се налазе у матичним плочама које служе за остваривање веза између електронских компоненти које су на њој монтиране, али могу бити саставни део и других електричних компоненти, на пример бакар у жицама и гвожђе и алуминијум у кућшћима [2].

Многи материјали, неопходни у производњи ЕЕ-опреме и уређаја попут тантала, неопходног за производњу компактних електронских уређаја, микро кондензатора, затим иридијума који се данас користи за производњу LCD "flat-screen" телевизора, а који се такође заједно са хафнијумом и волфрамом масовно употребљава и у производњи компјутерских чипова и