

# **ХЕМИЈСКИ ПРЕГЛЕД**

год. 49

бр. 6 (децембар)

YU ISSN04406826

UDC 54.001.93

# ХЕМИЈСКИ ПРЕГЛЕД CHEMICAL REVIEW



Годиште 49

број 6  
децембар

Editor-in-Chief  
RATKO M. JANKOV  
Deputy Editor-in-Chief  
DRAGICA TRIVIĆ

Volume 49  
NUMBER 6  
(December)

Publisher  
SERBIAN CHEMICAL SOCIETY  
Belgrade/Serbia, Karnegijeva 4

Издаје  
СРПСКО ХЕМИЈСКО ДРУШТВО

Телефон 3370-467

Карнегијева 4

излази двомесечно

ОДГОВОРНИ И ГЛАВНИ УРЕДНИК  
Ратко М. Јанков

ПОМОЋНИК ОДГОВОРНОГ И ГЛАВНОГ  
УРЕДНИКА  
Драгица Тривић

ЧЛАНОВИ РЕДАКЦИЈЕ  
Владимир Вукотић, Бранко Дракулић и Јелена Радосављевић

Издавање часописа „ХЕМИЈСКИ ПРЕГЛЕД“ помажу:  
Технолошко-металуршки факултет, Хемијски факултет и  
Факултет за физичку хемију у Београду.

УРЕЂИВАЧКИ ОДБОР

Никола Благојевић, Иван Гутман, Снежана Зарић, Јован  
Јовановић, Славко Кеврешан, Драган Марковић, Радо  
Марковић, Владимир Павловић, Слободан Рибникар,  
Радомир Саичић, Живорад Чековић (председник).

Годишња чланарина, укључује часопис „Хемијски преглед“,  
за 2008. годину износи:

- за запослене..... 1.200,00  
- за пензионере, студенте, ђаке и незапослене..... 500,00  
- претплата за школе и остале институције..... 2.500,00  
- за чланове из иностранства..... € 40,-  
- претплата за институције из иностранства ..... € 50,-

Чланарину и претплату можете уплатити на рачун СХД:  
205-13815-62, позив на број 320.

Web site: <http://www.shd.org.yu/hp/>  
e-mail редакције: [hempred@chem.bg.ac.yu](mailto:hempred@chem.bg.ac.yu)

Припрема за штампу: Јелена и Зоран Димић, Светозара  
Марковића 2, 11000 Београд

Штампа: Завод за графичку технику Технолошко-  
металуршког факултета Београд, Карнегијева 4

Насловна страна и Интернет верзија часописа:  
Слободан и Горан Ратковић, RatkovicDesign  
[www.ratkovicdesign.net](http://www.ratkovicdesign.net)  
[office@ratkovicdesign.net](mailto:office@ratkovicdesign.net)

## САДРЖАЈ

### ЧЛАНЦИ

Воин ПЕТРОВИЋ  
Voин PETROVIĆ

ЕТНОФАРМАКОЛОГИЈА – ХЕМИЈСКИ ФОЛКЛОП СВЕТА  
ETHNOPHARMACOLOGY – CHEMICAL FOLKLORE OF THE WORLD 126

Милош К. МИЛЧИЋ и Снежана Д. ЗАРИЋ  
Miloš K. Milčić and Snežana D. Zarić

КРИТЕРИЈУМИ ЗА КАРАКТЕРИЗАЦИЈУ АРОМАТИЧНОСТИ CRITERIA  
FOR CHARACTERIZATION OF AROMATICITY ..... 131

Константин ИЛИЈЕВИЋ и Иван ГРЖЕТИЋ  
Konstantin ILIJEVIĆ, Ivan GRŽETIĆ

ДУГОТРАЈНИ ОРГАНСКИ ЗАГАЂИВАЧИ (POPS)  
PERSISTENT ORGANIC POLLUTANTS (POPS) ..... 137

### ВЕСТИ за ШКОЛЕ

Василије ПЛАНИЋ  
Vasilije PLANIĆ

СЦЕНАРИО ЧАСА: „МОДЕЛ СТРУКТУРЕ АТОМА“  
THE MODEL OF STRUCTURE OF THE ATOM ..... 146

### ПРИКАЗ УЏБЕНИКА

Александра Перић-Грујић: *Контрола квалитета сировина и  
производа* ..... 147

### ВЕСТИ ИЗ СХД

IN MEMORIAM

Проф. др Никола Благојевић  
Маштовити истраживач, даровити предавач, хуманиста \_\_\_ 147

Чланарина и претплате за 2009. .... 148



## УВОДНИК

Крај је календарске године и у Српском хемијском друштву и прилика да се подвуче црта испод онога оно што смо током те године урадили. Прилика је утолико боља пошто је 15. новембар (по старом календару) датум када је, пре 111 година, основано СХД и који је, баш због тога, изабран за термин свечане седнице СХД. Сваке године Српско хемијско друштво расписује конкурс за најбоље те ће, на свечаној седници која ће ове године бити 10. децембра, бити проглашени најбољи истраживачи, студенти хемије и сродних факултета. Поред проглашавања награђених, на седници држе предавања прошлогодишњи добитници: Медаље за трајан и изванредан дорпинос науци - **Бранислав Николић**, предавање „Титан, оксиди, електрокатализа и суперкапацитивност“ и добитник Медаље за прегалаштво и успех у науци - **Мелина Калагасидис Крушић**, предавање „Хидрогелови“. По устаљеном договору, добитници награда СХД су у обавези да своја предавања преточе у чланак који ћемо, надајмо се веома брзо, бити у прилици да читамо на страницама Хемијског прегледа..

Свођење свих урађених послова у СХД у прошлој години биће на годишњој изборној скупштини која ће бити одржана марта 2009. године, паралелно са годишњим Саветовањем Друштва. Годишњи извештај о свим активностима, онај у коме руководство СХД „полаже рачуне“ чланству, публиковаћемо после одржане скупштине у првом наредном броју *Хемијској ирепелега*.

\* \* \*

У овом последњем броју у 2008. одини наћи ћете интересантне чланке. Први чланак је уствари наставак троделне приче о ароматичности која је почела чланком под насловом „Кратка историја појма ароматичности“ у броју 4 (2008), наставила се са чланком под насловом „Типови ‘ароматичности‘“ у броју 5 (2008) и завршава се, у овом броју чланком под насловом „Критеријуми за карактеризацију ароматичности“. Аутори сва три чланка су Милош К. Милчић и Снежана Д. Зарић.

Константин Илијевић и Иван Гржетић су аутори другог чланка у овом броју о дуготрајним органским загађивачима (persistent organic pollutants - POPs), једињењима која су, на жалост, широко распрострањена у животној средини. Токсични су у врло малим концентрацијама, а многи од њих су

канцерогени. У чланку су побројани основни представници и групе, представљени су извори емитовања у животну средину, начини транспорта и елиминације, утицај на животну средину и здравље. На крају је дат кратак приказ Стокхолмске конвенције, међународног документа насталог ради регулације POPs-ова.

Скрећемо вам пажњу и на необичну чињеницу да је свака култура кроз историју имала посебан однос према физиолошки активним супстанцама. Бројни народи су на нивоу праксе, а без познавања саме суштине супстанце и механизма којим се мења физиолошко стање организма, били изненађујуће успешни у примени неких супстанци које чак ни данас, у ери молекуларне медицине, не би биле тек тако коришћене. Ово све можете прочитати у веома интересантном чланку „Етнофармакологија – хемијски фолклор света“, аутора Воина Петровића.

\* \* \*

Поред радосних и лепих, живот чине и они тужни моменти. Октобра месеца 2008. године опростили смо се од проф. Николе Благојевића са Технолошког факултета, дугогодишњег члана СХД, маштовитог истраживача и хуманисте. Дути низ година проф. Благојевић је био један од ослонаца СХД. Овај тужан тренутак обележен је у *In memoriam* у Вестима из СХД у овом броју *Хемијској ирепелега*.

\* \* \*

На крају ове године подсећамо вас да што пре регулишете своје чланство у СХД за 2009. годину! На тај начин обезбедићете свој примерак *Хемијској ирепелега*. ХП се штампа у ограниченом тиражу, односно у онолико примерака колико има чланова и претплатника у датом тренутку. Први бројеви одређеног годишта штампају се у тиражу који је базиран на процени броја чланова које ће СХД имати у датој години, док се од трећег броја број одштампаних примерака сведе на реалан број чланова.

На својој јесењој седници 2008. године Управни одбор СХД донео је одлуку о висини чланарине за 2009. која ће бити 1.400 динара, у шта је укључена и годишња претплата на *Хемијски ирепелег*. Све друге податке о чланарини и о висини претплата на издања СХД за различите категорије чланова можете наћи у Вестима из СХД, као и на сајту СХД ([www.shd.org.rs](http://www.shd.org.rs)).

Р.М.Јанков



## ЧЛАНЦИ

Воин ПЕТРОВИЋ, студент биохемије, Хемијски факултет, Универзитет у Београду,  
(e-mail: onagrus@yahoo.com)

### ЕТНОФАРМАКОЛОГИЈА – ХЕМИЈСКИ ФОЛКЛОР СВЕТА

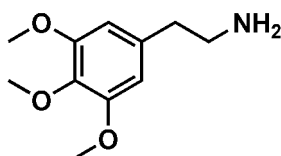
Необично је како је свака култура кроз историју имала посебан однос према физиолошки активним супстанцама. Без великих знања, без познавања саме суштине супстанце која мења физиолошко стање организма, бројни народи су на нивоу праксе били изненађујуће успешни у примени неких супстанци које чак ни данас, у ери молекуларне медицине, не би биле тек тако коришћене без добрих разлога. На теоријском нивоу су дејства обично била приписивана духовима или божанствима која имају моћ да убију, исцеле или образују и васпитају, што је за последицу на употребном нивоу имало појаву дужног поштовања, па чак и страхопоштовања према овим супстанцама и особама које знају да их користе. Гледано кроз призму данашњице, где се мало шта дубоко поштује и где услед сопствене ароганције сматрамо да смо савршени у погледу познавања свега око себе чиме наводно суверено владамо, постаје јасно зашто тек у данашње време искрсавају проблеми као што су злоупотреба лековитих супстанци, наркоманија, производња хемијског оружја за масовно уништавање и томе слично. Управо у односу према супстанци леже одговори на ова питања. Прегледајмо укратко неке од одабраних примера довитљивости древних врачева, аналитичности старовековних учењака, инвентивности средњовековних алхемичара и првих корака у свет fine физиологије неких предходника савремених маестара молекуларних интервенција на човеку.

Методом „покушаја и погрешке“ која би ужаснула данашње исцелитеље, посматрањем понашања животиња, или можда неком претечом експеримента на животињама, човек је увидео да понашање, здравствено стање и чак сам живот могу зависити од супстанци које се унесу у организам. Иако држимо да је човеково савремено војно наоружање врхунац у развоју ратне технологије, чињеница јесте да је прво оружје у еволуцији било управо хемијско оружје, те отуд велика присутност отровних материја у свету који је окруживао раног човека. Такође, у очајничким покушајима да себе излечи, човек је срећним случајем проналазио начине да појединим доступним супстанцама утиче на сопствено здравствено стање. Негде између ова два екстрема, као и обично, место су нашле супстанце које су или била храна човеку, или су једноставно чиниле да се осети добро. И врло брзо, из ове три категорије изро-

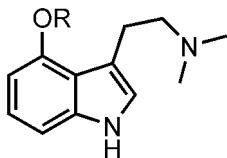
дила су се знања која су првобитном човеку омогућила да утиче на живот у целини. Знање је, кажу, моћ, па је такав појединац постао важан друштву. Овакав статус појединаца постоји и данас у друштву, поготово у примитивним заједницама, попут племена у Африци и Јужној Америци, јер обичним људима није докучиво каква је то сила која „врачу“ даје моћ да утиче на живот око себе.

Интересантно је како су се неки облици употребе физиолошки активних супстанци очували до данас, дубоко укорени у културе широм света. Чак и у Сједињеним Америчким државама постоје микропопулације индијанаца које су изопштене из закона о наркотицима и психоактивним супстанцама, јер неки од њихових религиозних обреда, који су део културне баштине, подразумевају употребу кактуса (најпознатији је *Lophophora williamsii* или пејот) који садрже мескалин (Слика 1.), халуциногени алкалоид који доводи до стања дубоко измењене свести. 500-700 mg овог алкалоида, што одговара маси од око 20 г осушеног кактуса се конзумира жвакањем, што особу након сат времена уводи у стање налик оном које изазива ЛСД. Мескалин делује на серотонинске рецепторе у мозгу, и то управо ону групу рецептора који су активни током сна, изазивајући практично „сан на јави“. Овакво стање изазива формирање „визија“ у свести „ловца на визију“ и у племену се сматра да ове визије представљају поруке духова предака и природе, који ловцу дају упутства како треба да проживи свој живот. Знања стечена у потрази за визијом се у племену сматрају за ствар духовне приватности и о њима се не говори јавно. У осталим деловим САД су традиционалне употребе физиолошки активних супстанци углавном забрањене, па су неке технике лова са отровним стрелама данас само део прича старих индијанаца, јер је лов помоћу отровне муниције забрањен. Нешто даље на југ, у Централној Америци, употреба психоактивних супстанци је још распрострањенија. Широм света је позната „месо богова“ тј. халуциногене печурке из Мексика припадници рода *Psilocybe* које садрже псилоцибин и псилоцин (Слика 2.). Од великог броја примера, као нарочито необичан издваја се тек недавно откривен обичај индијанаца са југа Мексика да пуше или жваћу халуциногену биљку *Salvia divinorum*. Нешто јачег дејства него горе поменути кактуси, ова ендемска биљка, која расте само у уском

планинском региону и тешко се размножава представља важан чинилац културе ових индијанаца. Врло мало се зна о обичајима везаним за ову биљку, јер су ритуали везани за њену употребу племенска тајна. Откривена је тек почетком деведесетих година и за непуних 20 година ова биљка привукла је пажњу многих у свету због својих необичних особина. Она садржи најјачи познати природни халуциноген, салвинорин А (Слика 3.), али се он по својој структури веома разликује од свих једињења сличног дејства. Проблем са истраживањима која се тичу ове биљке јесте чињеница да се изузетно тешко размножава, готово искључиво преко пелцера и да је као врста, на самој граници истребљења. Захваљујући њеним новооткривеним својствима, постоји нада да ће врста ипак наставити да постоји. Као и у већини светских култура, и овде су искуства са психоактивним супстанцама повезана са питањима религије. Дејства разних препарата објашњавају се преко повезаности биљке или гљиве са божанским ентитетима и стога су ове супстанце најдубље укорене у културе које опстају вековима, упркос противљењу Католичке цркве.



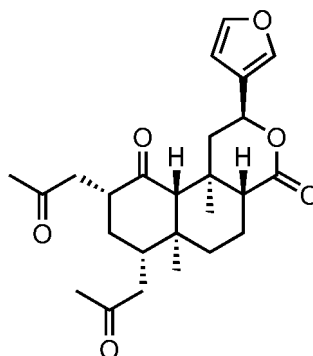
Слика 1. – Мескалин



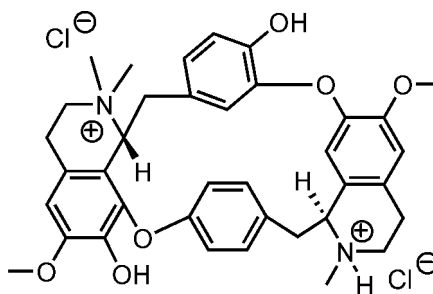
Слика 2. – Псилоцин (R = H) и Псилоцибин (R = HPO<sub>4</sub><sup>-</sup>).

Јужна Америка је такође насељена индијанцима који познају психоактивно дејство разног биља из дубине џунгле, али када се говори о етнофармакологији у Јужној Америци, за око најпре пада својеврстан „арсенал“ хемијског оружја које је у употреби. Џунгла је изродила огроман биодиверзитет праћен хемијским диверзитетом, који су њени нови становници брзо препознали и употребили у практичне сврхе. Широм света је познат „кураре“, отров за стрелице из Амазонске џунгле, прослављен у крими-романима са почетка 20-ог века. У ствари, постоји неколико врста курареа, у зависности од сировина које се користе и сврхе за коју се прави. Најбоље проучен је „калабаш“ кураре. Углавном се за производњу користе смоле разних врста шумског дрвећа, као што су разне врсте *Strychnos*, *Chondrodendron* и сродне. Није тачно познато које се врсте користе за справљање курареа, али су из курареа изоловани бројни алкалоиди сличне структуре, њихов представник је тубокурарин (Слика 4.). Ови алкалоиди блокирају пренос нервних сигнала са неурона на мишић и спречавају његову контракцију, па ловина умире

од опуштања респираторне мускулатуре и пада на земљу. Вештим ловцима вероватно може да падне и директно на роштиљ.



Слика 3. – Салвинорин А



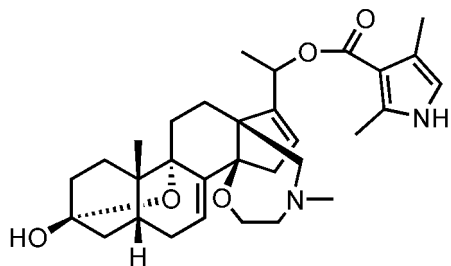
Слика 4. – (d)-Тубокурарин

Поред курареа, који је генерално биљног порекла, постоје и отрови који се сакупљају са коже отровних шумских жаба, из родова *Dendrobates* и *Phylllobates*, а који су према леталној дози још јачи од курареа. Садрже већи број једињења различитог дејства, а међу њима се по отровности издваја батрахотоксин (Слика 5.), који на мембрани неурона, на нивоу волтажне зависних канала за натријум (Sodium voltage gated channels) доводи до инактивације периферног нервног система што као последицу има вишеструко отказивање органских система. Они се ређе користе у лову, углавном за крупнију дивљач, јер за разлику од курареа, отрови жаба могу да се ресорбују у цревима човека и буду отровни и за онога ко поједе ловину. Кураре је и данас у употреби, како у амазонским шумама где је отров за стрелице, тако и на савременим операционим столовима широм света, где се користи за опуштање мишића пацијента приликом операција, наравно у сублеталним дозама.

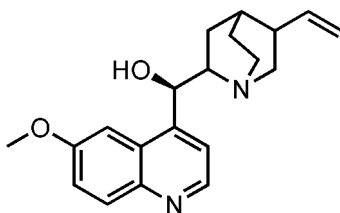
Свакако највеће „откриће“ тамошњих народа представља употреба кининовца (*Chinona spp.*) у терапији маларије. Ово дрво садржи познати антималяријски – кинин (Слика 6.).

У нешто вишим регионима јужне Америке налази се колевка једног, слободно се може рећи, великог зла које је почетком 20-ог века захватило најпре Европу, а затим и цео свет. У питању је кокаин (Слика 7.), алкалоид изолован из биљке *Erythroxylum coca*, који су много векова пре него што га је открио бели човек безбедно користили индијанци у области северних Анда. Као што савремени свет данас користи жваке, тако су

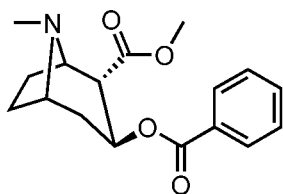
ови народи, када је било потребно, жвакали куглице направљене од сушеног листа коке и глине. Кокаин има стимулаторно дејство на организам, омогућује човеку да поднесе већи напор без осећаја глади и жеђи, чини да се човек осети окрепљено и задовољно и у умереним дозама представља и дан данас важан чинилац културе ових народа. Концентриран и пречишћен до кристалне форме, поклоњен белом човеку који неконтролисано стреми ка хедонизму - заслепљен изобиљем које га окружује, представља адиктивни неуротоксин чија неодговорна употреба обавезно води у пропаст.



Слика 5. – Батрахотоксин



Слика 6. - Кинин

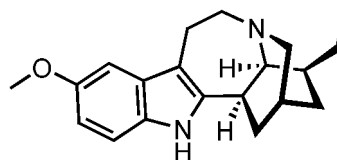


Слика 7. - Кокаин

Афрички народи су нарочито интересантни са становишта етнофармакологије, јер су се развијали независно од остатка света и то у врло оскудним условима, бар што се тиче доступних супстанци. Медицинско биље је прилично распрострањено у великом броју афричких култура. Познато је дрво кола (*Cola spp.*), које је послужило као основа за производњу прве кокаколе. Садржи висок проценат кофеина и користи се у лечењу разних болести. Од отровних супстанци у Африци, познати су црви из јужне Африке, чији се телесни сокови користе као отров за стреле. Сматра се да су ови црви отровни зато што се хране биљкама које садрже кардиотоничне гликозиде, једињења која делују на ћелије срца тако што спречавају транспорт калијума и натријума кроз мембрану, па стога доводе до ремећења електрохемијског баланса кардиоцита. Последица су аритмија и престанак рада срца. У припреми отрова се понекад користи и свежа маниока (*Manihot esculenta*) која садржи велике количине цијанида у форми ци-

јаногених хетерозида, који ремети метаболизам кисеоника на нивоу митохондрија. Онај ко производи отров маниоку жваће, а затим испљуне отровни сок биљке у посуду где се прави отров, мешајући га са соком добијеним из црва. У ову масу се умачу врхови стрела за лов.

Веома интересантан обичај је и конзумирање ибोगе (*Tabernanthe iboga*). Ово је ритуал који се изводи у циљу постизања пунолетства у неким централноафричким племенима. Наиме, сушени корен биљке садржи веома велике количине алкалоида ибобаина (Слика 8.), који се показао као благ, али дуготрајан халуциноген. Међутим, како се примењује у великим количинама, халуцинације су и јаке и дуготрајне. Ибобаин је својеврсно „хемијско чудо“ у савременој науци. Врло га је тешко произвести синтетички, има неразјашњен механизам дејства, а утиче на метаболизам неурона и према неким изворима доводи до њиховог дељења. Да подсетимо, неурони се у физиолошким условима код одраслих људи практично не деле и једном уништени неурони не могу се надокнадити. Показано је да елиминише чак и најтеже облике зависности од хероина, кокаина и никотина. Халуцинације које изазива описане су као „суштински занчајна сазнања о животу“, а трајање дејства може бити и дуже од 24 сата. Афричка племена га користе у сврхе излечења, стицања пунолетства у племену, па чак и у лову, али не као отров за оружје већ на веома необичан начин. Наиме, ловац узима ибogu и седа у заседу. Под дејством ибोगе, он може да седи непомичан и до 4 дана док се жртва не приближи, а онда је одједном напада. Биљка ибoga је једно од 12 светих врста из шуме божанства званог „Bwiti“.

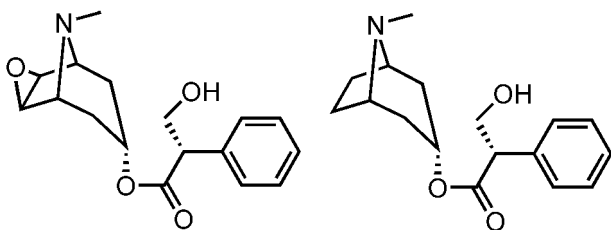


Слика 8. - Ибобаин

Даље на северу налази се Египат, који већ нагиње ка блиском истоку, о коме ће бити речи касније. Поред улоге трговачког пута коју је касније кроз историју добио, интересантан је период пре нове ере, када је у Египту била позната производња алкохолних пића, пре свега пива. Такође, плави лотос са Нила се сматра за наркотичну биљку чије је дејство било познато још у време фараона, а која је имала удела у ритуалима обожавања неких од многобројних божанстава, укључујући и Ра. Записи о употреби ове биљке постоје на хијероглифима у остацима храмова. Показано је да биљка садржи једињења слична морфину.

Аустралија је и поред чињенице да тамо живе неке од најотровнијих врста на планети једно од ретких места где употреба отрова у сврхе лова није распрострањена. Напротив, народи Аустралије видели су свет око себе више као извор лекова него отрова. Издваја се употреба дрвета „питури“ из рода *Duboisia*, које се у мањим дозама користи као спазмолитик и аналгетик у

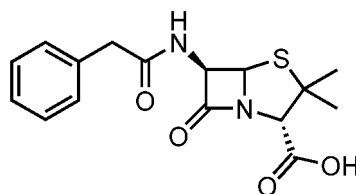
Аустралији и по оближњим острвима, а у већим дозама има халуциногено дејство. Биљка садржи хиосциамин и скополамин (Слика 9.), исте алкалоиде као и Европске зељасте биљке велебиље (*Atropa belladonna*) и татула (*Datura stramonium*). Ове супстанце инхибирају ацетилхолинске рецепторе мускаринског типа на готово свим органима у организму, подижући крвни притисак и брзину срчаног ритма, опуштајући глатку мускулатуру виталних органа и повећавајући тонус скелетне мускулатуре. На нивоу централног нервног система изазивају халуцинације и стање налик пијанству уз амнезију.



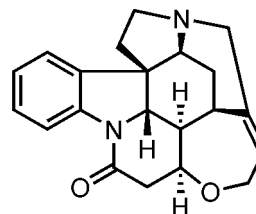
Слика 9. – Скополамин и хиосциамин

Азија као колевка првих цивилизација има и најдужу традицију употребе разних супстанци. Од далеког истока, где је хербална медицина високо развијена, до блиског истока, одакле потиче употреба хашиша и опијума, присутне су цивилизације које су вековима упознавале физиолошка својства доступних природних производа. Кинеска медицина и кинеска кухиња старе су неколико хиљада година и популарност им и даље расте. Кина изолована планинским венцима, насељена је врло специфичним врстама, у чији молекуларни састав улазе и неке драгоцене лековите и ароматичне супстанце. Тренутни хит у свету су гљиве схиитаке (*Datura stramonium*) чије је лековито својство одавно познато. Главно дејство ове гљиве је снижавање нивоа холестерола у крви захваљујући присуству статина, једињења која инхибирају ензим HMG-коензим А редуктазу, која представља први корак у синтези холестерола у организму. Пре неколико векова, кинески народи су знали да када се на пиринчаној кашчи ухвати буђ, та каша се може користити за залечење рана. Оно што нису знали је да та каша садржи антибиотике из групе пеницилина (Слика 10.), који инхибирају кључни ензим у синтези ћелијског зида већине бактерија. Разне врсте чајева, богатих кофеином и антиоксидантним фенолима такође су пореклом из Кине и југоисточне Азије. У тропском појасу Азије, који је такође обдарен џунглама које краси огроман биодиверзитет, од Сијама до Пакистана присутни су народи који су пажњу посветили супстанцама које могу бити од значаја у ратовима. Чувени стрихнин је пореклом управо из овог региона, где се природно јавља у биљци *Strychnos nuxvomica*, која је рођак јужноамеричких врста из којих се добија кураре. Разлика у физиолошком дејству постоји. Међутим, Стрихнин (Слика 11.), за разлику од курареа, је чисто једињење које у мањој мери прате њему слична и оно на нивоу кичмене мождине изазива инхибицију глицинских рецептора који су одговорни за спречава-

ње спонтане активности рефлексних лукова. Када је овај вид контроле у организму онемогућен, јављају се тетанички грчеви, обично у таласима, који за кратко време доводе до смрти, а праћени су интензивним болом и карактеристичним положајем тела где су леђа извијена у мост, па пацијент на земљи лежи у опистотонусу и земљу додирује само потиљком и петама. Стрихнин се раније користио као отров за мишеве. У Индији је медицинска употреба биљака такође развијена. Према неким наводима постоје врсте кина дрвета и у Индији, па се оно користи за терапију маларије, као и у Јужној Америци.



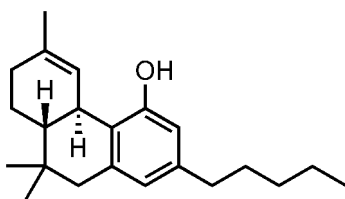
Слика 10. – Пеницилин Г



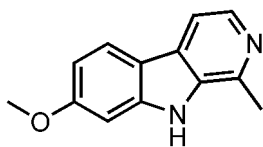
Слика 11. – Стрихнин

Коначно, блиски исток, који је раскрсница цивилизација познат је по персијском опијуму, турском хашишу и зачинама који су оплемењивали свакодневицу тамошњих и околних народа миленијумима. Безбројне тоне вредних супстанци (миришљава уља, бибер и тамјан, арапска кафа, мед и семе ретких биљака) пренесене на леђима камила у караванима, мењане су за своју масу у злату. Прича везаних за блиски исток је много. Издваја се хашиш као важан чинилац културе, кафа и једна мање позната биљка – сиријска рутавица (*Peganum harmala*). Хашиш представља смолу женских цветова конопље (*Cannabis sativa*). Она садржи висок проценат тетрахидроканабинола (ТНС) чији активни изомер  $\Delta^9$ -ТНС (Слика 12.) има јак ефекат на централни нервени систем. Овај молекул је агонист канабиноидних рецептора у мозгу што за последицу има огроман број ефеката, од којих неки представљају жариште савремених истраживања, па се тако легализација употребе канабиса у медицинске сврхе све више шири, како се откривају нова благотворна дејства конопље. О кафи не треба рећи нешто више, јер је јасно колико је дубоко укоренења, не само у древне, већ и у савремену културу. Ритуал испијања кафе постао је свакодневица, а пореклом је из пустиња Арабије и са обала Персијског залива. С друге стране залива, у Персији опијум се одвајкада производи. Сок из незрелих чаура мака (*Papaver somniferum*) који на ваздуху постане браон и гумаст садржи велике количине алкалоида налик морфину. Сви они су агонисти опиоидних рецептора у мозгу,

због чега изазивају повећање нивоа допамина, одсуство бола и нервозе, као и многе друге наркотичне ефекте. Полусинтезом из морфина данас се производи хероин, једна од најадиктивнијих супстанци, од којег је за одвикавање потребно много више од челичне решености јер се уплиће у најосетљивије процесе у мозгу. Вековима се опијум користио за уживање, које се брзо показало као јако скупо за кориснике - трошећи више од самог новца, а јако профитабилно за узгајиваче мака. Утицај ове супстанце свет у целини се осећа и данас а у прошлости су се чак водили и ратови због ње. Познат је Опијумски рат између Кине и Британске империје. Срећом, врло рано је опиоманија препозната као друштвени проблем. Коначно, сиријска рутавица, медитеранска биљка која није доживела популарност као хашиш и опијум, али је у локалним културама позната као биљка која може да поправи расположење, садржи прилично безопасне алкалоиде, хармин и хармалин (Слика 13.), који успоравају разградњу серотонина у мозгу, доводећи тиме до пријатних осећаја, што је и јасно када се има у виду да се серотонин жаргонски назива „хормон среће“.



Слика 12. - 9-Тетрахидро канабинол

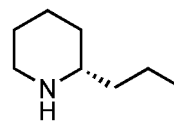


Слика 13. - Хармин

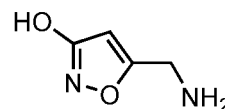
За крај, ту је Европа. Са изузетком Грчке, ране културе нису биле присутне у Европи, па се о древној употреби физиолошки активних супстанци мало зна. А како је једна култура обично тежила да потпуно елиминише претходну, тло као што је Европа, подложно ратовима и великим кретањима нација, носи врло мало историјских података о етнофармакологији. Медицина је била високо развијена у старој Грчкој. Опијум је био познат, неке гране су долазиле и у контакт са употребом хашиша, али највећим делом није познато које су то супстанце које су биле предмет ритуалних интоксикација у њиховој култури. Претпоставља се да су дејства неких гљива била позната, као што је мухара (*Amanita muscaria*) и неке гљиве које садрже псилоцибин, агонист серотонинских рецептора сличан ЛСД-у, сроднице централноамеричких „магичних печурака“. Како је употреба ових супстанци била у великој мери ограничена на пророчишта, прича о ритуалним супстанцама је обавијена велом тајне. Судски отров у Атини био је сок од кукуте (*Conium maculatum*), отровног корова који је широко распрострањен, садржи конииин

(Слика 14.), алкалоид који делује најпре стимулаторно, а затим паралитички на скелетну мускулатуру. Сократ је погубљен по наређењу власти овим отровом. Било је познато и дејство неких других биљака, на пример мразовца (*Colchicum autumnale*) који се у Грчкој митологији појављује под именом *ефемерон*, отров који убија за један дан. Мразовац садржи алкалоиде који спречавају деобу ћелије на нивоу формирања деобног вретена у ћелији, па најпре страдају брзоделећа ткива, као што су крвни судови. Нешто касније Грчка култура бива асимилирана од стране Рима, а Рим брзо потпада под сенку Хришћанства, које је арогантно одбацило све што је постојало пре њега као паганско учење.

Што се тиче севера Европе, познато је да су неки лишајеви коришћени као медицинско средство, као и да је употреба поменуте мухаре била и остала широко распрострањена међу северним народима, Нордијцима, Германима и Словенима. Мухара садржи мусцимол (Слика 15.), супстанцу која делује на рецепторе  $\gamma$ -аминобутерне киселине (ГАБА) у централном нервном систему. Механизам халуциногеног дејства још није разјашњен. Интересантан феномен је да се мусцимол из организма избацује непромењен, урином, па је урин особе која је јела халуциногену гљиву такође халуциноген. Постоји интересантно мишљење да је легенда о Деда Мразу у вези са уживањем мухаре, црвено беле печурке. Наиме, познато је, из раније наведених разлога, да је урин ирваса који једу гљиву халуциноген, као и њихово млеко које се користи у исхрани. Претпоставља се да зато, као и због сензације летења која карактерише халуцинације, Деда Мраз лети на санкама које вуку ирваси црвеног носа. Црвенило у лицу онога ко ужива мухару је такође изражено. И данас нека сибирска племена користе ову гљиву у својим ритуалима. Остале халуциногене гљиве, које садрже псилоцибин, присутне су у Европи, али је њихова употреба ограничена. Псилоцибин је данас тема неких истраживања јер се показало да има антидепресивно дејство, као и да потпуно уклања неке облике миграције.



Слика 14. - Конииин



Слика 15. - Мусцимол

Током средњег века, употреба појединих трава од стране јеретика била је мета осуда хришћанске цркве. Људи су слани на ломачу само због поседовања листа или семена раније поменутог велебиља или татуле, халуциногенних биљака са лековитим дејством које су доста коришћене као магијске биљке у ритуалима вештичарења. За њима сродну биљку, мандрагору (*Mandragora officinalis*) су такође везане страшне легенде и била је



сигуран знак вештичарења. Корен мандрагоре има облик човечуљка, па му се обично за потребе обреда уграде и очи од драгог камења. Овакав човечуљак се богато обуче, чува и сваке недеље купа у вину. Гаји се као дете годинама, а ако је власник добар, човечуљак од мандрагоре ће му наводно показати пут до закопаног блага. Састојци корена изазивају између осталог и звучне халуцинације, кому и смрт.

Након ренесансе праве се први покушаји схватања људске физиологије, појмова токсичности, лековитости и формирају се основе за развој наука које ће једног дана објаснити све те ствари које су изазивале страхопоштовање, уверавајући дете човечанства да „нема бабароге испод кревета“ и омогућавајући семену човекове ароганције да проклија.

Није лако обухватити једним прегледом све супстанце које су значајне у различитим културама. Наравно да свака култура има неке своје „боквице које се стављају на рану“ и неке своје „ченове белог лука против прехалде и вампира“ и „шљивовачу која лечи све“, али понешто од тога улази у домен етноботанике, која се бави културолошким аспектима биљака и гљива. Оно што обједињује све ове културе су основна човекова стремљења – да буде здрав, сит и ако је могуће, да му буде лепо. Иако само ретки остваре све ове циљеве, историја је показала да је природа створила супстанце које могу у многоме олакшати и улепшати наш боравак на планети.

#### Abstract

#### ETHNOPHARMACOLOGY – CHEMICAL FOLKLORE OF THE WORLD

Voin Petrović, Student of Biochemistry, Faculty of Chemistry, University of Belgrade

The text reviews the use of natural products by different cultures across the world for purposes of poisoning, healing, recreation or divination. Numerous examples from different continents show how the empirical practice has

given humans a wide range of substances that are still in use today, some as medication, others as illegal drugs. Physiologically active chemicals are ever present in nature, and centuries of experience have taught man to use them for his own purpose. Starting from the American continent, where the use of herbs as medicine or in religious rituals is widespread and very old, the text explains the use of Psilocybe mushrooms, mescaline-containing cacti, arrow poisons from South America and their use in hunting and warfare, the use of coca leaves and quinine to treat malaria and so on. In Africa, unique biodiversity has influenced the local culture, giving numerous spiritual cults, such as the Bwiti cult and the Religion of the Trees. Arrow poisons, medical and psychedelic herbs are also present. It is where the widespread use of coffee originated. Asia is the birthplace of the very popular Chinese herbal medicine, where the use of green tea, penicillin-containing molds and shiitake mushrooms arises. Indian medicine, the use of strychnine, and the production of opium and hashish are also described. In the Middle East there are numerous exotic spices in trade that have shaped the world economy for ages. Australia is the home to the little known “pituri” tree and some primitive, yet exotic forms of herbal medicine and religion. Finally in Europe, where most of the data about the pagan use of herbs has been wiped out by the Christian church, bits of information remain preserved in remote areas, embedded into folklore of people living there. Greek mythology gives us hints about the importance of natural products to mystic concoctions used by seers and witches. Some of this cultural heritage is still present among the neo-pagan cults.

#### ЛИТЕРАТУРА

Wasson R. Gordon, Stella Kramrisch, Jonathan Ott, Carl A. P. Ruck. “Persephone’s Quest: Entheogens and the Origins of Religion”. New Haven: Yale University Press, 1986.

Alexander Shulgin, Ann Shulgin. “Pihkal: A Chemical Love Story”. Berkeley: Transform Press, 1991.

Alexander Shulgin, Ann Shulgin. “Tihkal: The Continuation”. Berkeley: Transform Press, 1997.

Мирољуб Перовић, “Биљке моћи”. Партенон, Београд 1997.

Интернет презентација [www.erowid.org](http://www.erowid.org)

Интернет презентација [www.maps.org](http://www.maps.org)



Милош К. МИЛЧИЋ и Снежана Д. ЗАРИЋ, Хемијски факултет, Студентски трг 12-16, Београд  
(e-mail: [mmilicic@chem.bg.ac.rs](mailto:mmilicic@chem.bg.ac.rs))

## КРИТЕРИЈУМИ ЗА КАРАКТЕРИЗАЦИЈУ АРОМАТИЧНОСТИ

У нашем првом тексту, објављеном у броју 4/2008 *Хемиској Прејледа*, посвећеном историјском развоју појма ароматичности нагласили смо да је ароматичност апстрактна величина која се не може квантитативно изразити нити директно експериментално измерити. У нашем другом тексту (у броју 5/2008) смо указали на постојање великог броја различитих „типова“ ароматичности. Тако да се сваки истраживач који се бави потенцијално ароматичним молекулима данас налази пред проблемом како недвосмислено одредити да ли је испитивано једињење ароматично или не.

У почетку су предлагани различити критеријуми које неко једињење треба да задовољи да би се сматрало ароматичним. Већина тих критеријума су били више одраз личних претензија аутора него неког општег погледа на природу феномена ароматичности. Тако су истраживачи који се баве синтезом и експериментом сматрали да су најважнији критеријуми реактивности и стабилности; док су они који се баве НМР спектроскопијом сматрали да су критеријуми засновани на Лондоновом дијамагнетизму најсигурнији показатељ ароматичности неког молекула; теоријски хемичари су,

Табела 1. Критеријуми за р-ароматичност и р-антиароматичност<sup>134</sup>

особина	ароматични	олефински	антиароматични
(I) Електронска природа	$(4n+2)$ $\pi$ -електрона циклична коњугација	нема цикличне коњугације	$(4n)$ $\pi$ -електрона циклична коњугација
(II) Енергија циклична коњугација	стабилизација	стандардна	дестабилизација
делокализација	повећана	стандардна	смањена
НОМО-LUMO разлика	велика	стандардна	мала
(III) геометрија дужине веза	једнаке	неједнаке	неједнаке
(IV) магнетне особине			
анизотропија дијамагнетне сусцептибилности	повећана	–	мала
повећање сусцептибилности	високо	–	ниско
<sup>1</sup> H NMR помаци	ка већим $\delta$	–	ка мањим $\delta$
NICS	велика негативна	–	велика позитивна
(V) реактивност	електрофилна супституција	електрофилна адиција	адиција
(VI) спектроскопија			
УВ спектри	висока енергија прелаза	стандардни	ниска енергија прелаза
ИЦ/Рамански спектри	високо симетрични	–	ниско симетрични
фотоелектронски спектри	високе енергије јонизације	стандардни	ниске енергије јонизације

опет, веровали да само израчунати параметри као што су NICS,  $\Delta$ ,  $\Delta\chi$  могу да одреде стварну природу испитиваног молекула.

Ба би данас могли да тврдимо за неко једињење да је ароматично потребно је да оно испуњава више различитих критеријума ароматичности. Једну од најпотпунијих листа критеријума предложио је Криговски (Krygowski)<sup>1</sup> с тим што су је модификовали Болдирев и Ванг (Boldyrev, Wang)<sup>2</sup>. Ови критеријуми су оригинално предложени за  $\pi$  ароматичне и  $\pi$  антиароматичне органске системе, али се исто тако могу применити и на  $\sigma$  ароматичне и  $\sigma$  антиароматичне системе као и на ароматичне системе металних кластера. Криговскијевлева листа карактеристика ароматичних, неароматичних (олефинских) и антиароматичних молекула дата је у табели 1.

### (I) ЕЛЕКТРОНСКА ПРИРОДА КАО КРИТЕРИЈУМ АРОМАТИЧНОСТИ

Израз „ароматични секстет“ су први увели још Армит и Робинсон<sup>3</sup> (Armit, Robinson), а Хикел (Hückel) је на основу теоријских прорачуна поставио  $4n+2$  електронско правило; тј. да ће циклични молекули са  $4n+2$  делокализована електрона бити изузетно стабилни. Ово правило не важи за све ароматичне системе; тако код Мобијусове (Möbius) ароматичности имамо да су молекули са  $4n$  делокализована електрона ароматични а молекули са  $4n+2$  делокализована електрона антиароматични. Такође 3D-ароматични системи су најстабилнији ако имају  $2(N+1)^2$  делокализованих електрона.

Ипак најчешћи ароматични системи –  $\sigma$  и  $\pi$  ароматични системи се понашају потпуно у складу са Хикеловим правилом. Да би неки систем био ароматичан или антиароматичан потребно је осим одговарајућег броја  $\pi$  електрона да постоји и циклична делокализација тих електрона у прстену. Уколико систем поседује  $\pi$  електроне, а нема цикличне делокализације, онда се такав систем зове олефински.

### (II) ЕНЕРГЕТСКИ КРИТЕРИЈУМИ АРОМАТИЧНОСТИ

Енергетски критеријуми ароматичности се заснивају на чињеници да су молекули који имају цикличну коњугацију  $\pi$  електрона стабилнији од њихових нецикличних аналога. Када се користе енергетски критеријуми ароматичности уствари се одређује вишак стабилности у структури због цикличне делокализације електрона у односу на неки референтни систем у коме те делокализације нема. Најчешће коришћени енергетски критеријуми су резонанциона енергија (РЕ) и ароматска стабилизациона енергија (АСЕ). Вредности оба ова критеријума се могу одредити експерименталним путем или теоријским прорачунима, на веома пажљиво изабраним реакцијама и модел системима. Неке од реакција које су употребљене приликом одређивања РЕ и АСЕ бензена су приказане на слици 1. Ипак вредности АСЕ и РЕ је веома тешко одредити чак и за најједноставније системе; добијене вредности веома варирају у зависности од реакције која је употребљена, као и од избора референтног молекула.

Веома је тешко избалансирати напетост, хиперкоњугационе ефекте и разлике у типу веза и хибридиза-

ција атома приликом одређивања АСЕ и РЕ. На пример, РЕ добијене на основу једначина (1) и (2) (Слика 1) се разликују за 14 kcal/mol. РЕ добијена једначином (1) је знатно нижа јер се у њој са леве стране налазе три циклохексена који су стабилизовани хиперкоњугацијом. Такве стабилизације нема на десној страни једначине (1) тако да не долази до потирања и израчуната резонанциона енергија (РЕ) је нижа. Разлика између РЕ и АСЕ је у томе што је РЕ тотална резонанциона енергија а АСЕ је само додатна стабилизација због цикличне делокализације. У добро изабраном модел систему АСЕ мора бити мање негативна од РЕ.

Разлика између вредности АСЕ одређене двама хомодезмотичким<sup>4</sup> реакцијама (3) и (5) са слике 1 износи 13 kcal/mol. Ова разлика потиче од тога што је у реакцији (3) употребљен *s-trans*-бутадиен који је стабилнији за 3,6 kcal/mol од цисоидне структуре из реакције (5). Пошто се у бензену налазе само цисоидне компоненте, реакције (4) и (5) боље моделују АСЕ бензена од реакције (3). Детаљним проучавањем реакција за одређивање АСЕ параметра је установљено да је поузданије узети хомодезмотичку реакцију са цикличним референтним молекулима него са ацикличним, јер циклични референтни молекули боље балансирају напон у прстену и остале могуће грешке него ациклични.

Глобална тврдоћа  $\eta$  неког молекула се дефинише као разлика у самосвојственим вредностима LUMO и НОМО орбитале. Глобална трдоћа  $\eta$  је мера стабилности молекула преко принципа максималне тврдоће који је формулисао Пирсон<sup>5</sup> (Pearson). Ароматични молекули имају велику разлику у енергији LUMO и НОМО орбитале док је код антиароматичних молекула та разлика веома мала.

### (III) ГЕОМЕТРИЈСКИ КРИТЕРИЈУМИ АРОМАТИЧНОСТИ

Структурални или геометријски критеријуми ароматичности су засновани на веома важним манифестацијама ароматичности као што су изједначавање дужина веза, планарност прстена и симетрија молеку-

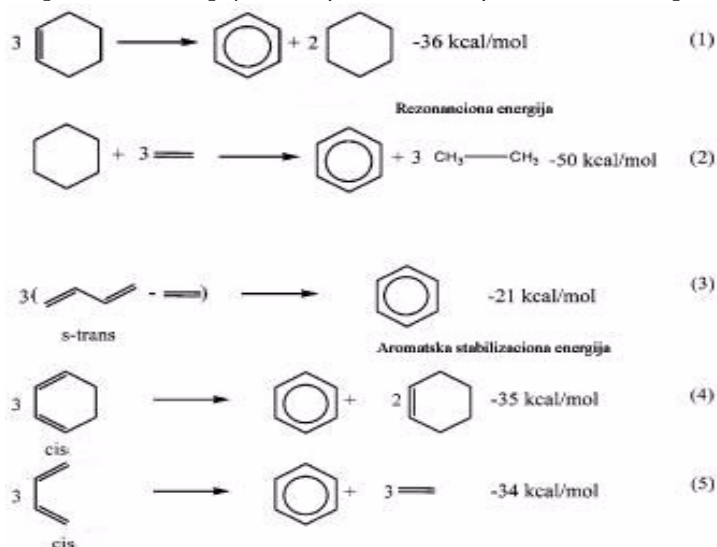
ла. Недавно је недвосмислено доказано на примеру молекула бензена да су за високосиметричну  $D_{6h}$  геометрију и подједнаке дужине веза одговорни  $\sigma$ - а не  $\pi$ -електрони молекула бензена.<sup>6</sup> Шта више,  $\pi$ -електрони показују благу тежњу да смање симетрију молекула бензена и наруше једнакост дужина веза.

Параметри који квантитативно описују ове структурне ефекте у ароматичним молекулима се називају геометријски индекси ароматичности. Они су дефинисани на основу разлика у геометрији између молекула са потпуном електронском делокализацијом и моделом, односно неароматичном структуром са локализованим двоструким везама. Постоји велики број геометријских индекса ароматичности ( $A_i$ ,  $I_G$ ,  $VAC$ ...) али најпоузданији и најкоришћенији је модел ароматичности као хармонијског осцилатора или скраћено НОМА<sup>7</sup> (Harmonic Oscillator Model of Aromaticity). НОМА се разликује од свих осталих геометријских индекса јер узима другачију референтну дужину везе. Уместо средње дужине везе у НОМА модел је укључен концепт оптималне дужине везе.

$$НОМА = 1 - \frac{\alpha}{n} \sum (R_{opt} - R_i)^2$$

У горњој једначини  $n$  представља број веза узетих у суми, а  $\alpha$  је емпиријска константа изабрана тако да је НОМА=0 за хипотетичку структуру са свим двоструким везама локализованим и НОМА=1 за ароматични структуру са свим везама једнаким  $R_{opt}$ . Појединачне дужине веза су обележене као  $R_i$ . Вредност за  $R_{opt}$  је дефинисана као дужина угљеник-угљеник везе за коју је енергија (процењена помоћу хармонијског потенцијала) издуживања двоструке везе и сабијања једноструке везе у 1,3-бутадиену минимална.

Једна од предности НОМА индекса је што из њега могу да се добију и неки додатни детаљи. Модел омогућава раздвајање два независна параметра који описују различите доприносе смањивању ароматичности: (i) због издуживања везе-параметар назван EN; (ii) због



Слика 1. Реакције за одређивање РЕ (1 и 2) и АСЕ (3, 4 и 5) бензена

наизменичних дужих и краћих веза-параметар назван GEO.

$$HOMA = 1 - \frac{\alpha}{n} \sum (R_{opt} - R_i)^2 =$$

$$= 1 - \left[ \alpha (R_{opt} - R_{av})^2 + \frac{\alpha}{n} \sum (R_{av} - R_i)^2 \right] = 1 - EN - GEO$$

У овој једначини  $R_{av}$  је средња дужина везе добијена као  $R_{av} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n R_i$ . На основу ове једначине види се да се EN и GEO параметри могу израчунати по формули

$$EN = \alpha (R_{opt} - R_{av})^2 \quad GEO = \frac{\alpha}{n} (R_{av} - R_i)^2$$

Највећи проблем НОМА, као и осталих геометријских индекса, представља непоузданост молекулске геометрије. Иако различите експерименталне технике за одређивање геометрије молекула као што су електронска дифракција у гасној фази, микроталасна спектроскопија, дифракција X-зрака и неутронска дифракциона спектроскопија, дају различите молекулске геометрије, те разлике су исувише мале да би имале утицаја на геометријске индексе ароматичности. Други веома важан извор геометрија молекула су *ab-initio* израчунавања. У овом случају геометрија веома зависи од избора методе и базиса. Овакав недостатак геометрија добијених на овај начин се може делимично ублажити ако се геометрија референтног система оптимизује истом методом и базисом.

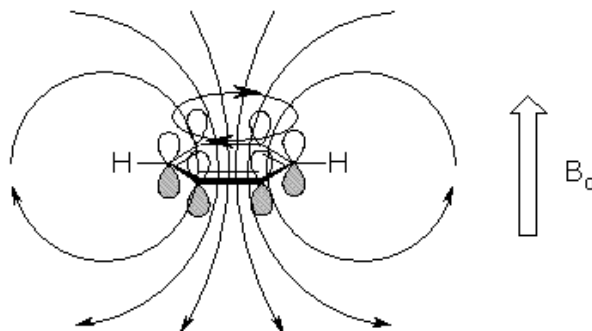
#### (IV) МАГНЕТНИ КРИТЕРИЈУМИ АРОМАТИЧНОСТИ

Магнетни критеријуми ароматичности се заснивају на специфичној реакцији ароматичних једињења у односу на спољашње униформно магнетно поље. Уколико се то спољашње магнетно поље примени под правим углом у односу на раван ароматичног прстена у самом прстену настаје кружна струја. Ова струја даље индукује секундарно магнетно поље, које је усмерено антипаралелно у односу на спољашње поље<sup>8</sup> (Слика 2). Историјски гледано, повећање магнетне суспендибилности ( $\Lambda$ ),<sup>9</sup> анизотропија магнетне суспендибилности ( $\Delta\chi$ ),<sup>10</sup> као и карактеристични протонски <sup>1</sup>H-NMR хемијски помаци<sup>11</sup> су били веома значајни критеријуми, често коришћени како у експерименталним тако и у теоријским истраживањима. Данас, Шлајеров (Schleyer) критеријум, NICS (*Nucleus-Independent Chemical Shift*, хемијски помак независан од језгра)<sup>12</sup> је скоро једини магнетни критеријум у употреби, који се може одредити искључиво теоријским методама.

Повећање магнетне суспендибилности се дефинише као:

$$\Lambda = \chi_m - \chi_a$$

Величине  $\chi_m$  и  $\chi_a$  су измерене или израчунате укупне суспендибилности за дати циклични коњуговани систем и за хипотетички циклични систем са локализованим двоструким везама у коме нема кружних струја. Даубен (Dauben)<sup>9</sup> је предложио употребу повећања дијамагнетне суспендибилности као основног критеријума ароматичности. Основна мана критеријума повећања магнетне суспендибилности је у томе што коначни резултат умногоме зависи од избора референтног модел система.



Слика 2. Спољашње магнетно поље  $B_0$  индукује кружне струје у ароматичном прстену које затим индукују секундарно магнетно поље чије су линије сила у области изнад и испод равни прстена антипаралелне, а у равни прстена паралелне са линијама сила спољашњег магнетног поља. Назив за ову појаву је магнетна анизотропија ароматичних молекула.

Пошто параметар повећања магнетне суспендибилности веома зависи од величине прстена који се мери, предложено је да се овај параметар нормализује по формули.<sup>13</sup>

$$\rho = k \frac{n\Lambda}{S^2}$$

Овде  $n$  представља број  $\pi$ -електрона,  $S$  је површина прстена а  $k$  је нормализациони фактор који је једнак  $\rho$  вредности молекула бензена.

Флигаре (Flygare) са сарадницима је предложио употребу анизотропије магнетне суспендибилности<sup>10</sup> као критеријума ароматичности, дефинисану као разлику између две компоненте вектора магнетне суспендибилности. Прва компонента вектора магнетне суспендибилности је нормална на раван ароматичног прстена а друга компонента се добија као аритметичка средина преостале две компоненте вектора магнетне суспендибилности.

$$\Delta\chi = \chi_{zz} - \frac{1}{2}(\chi_{xx} + \chi_{yy})$$

Овде су  $\chi_{xx}$ ,  $\chi_{yy}$  и  $\chi_{zz}$  компоненте дијагонализованог вектора магнетне суспендибилности. Молекул је оријентисан тако да се планарни прстен налази у  $xy$  равни а  $z$  оса је нормална на прстен.

Иако овај критеријум делује веома примамљиво јер није потребан референтни модел систем за његово одређивање, у пракси анизотропију магнетне суспендибилности

тибилности је веома тешко применити као меру делокализованости  $\pi$ -електрона. Израчуната величина овог критеријума не зависи само од кружних струја у прстену већ и од осталих ефеката као што су локални доприноси због анизотропије  $p$  веза као и магнетних анизотропија  $CC$  и  $CH$   $\sigma$  веза. На пример, у случају молекула бензена скоро пола вредности анизотропије магнетне суцептибилности потиче од ових локалних доприноса.<sup>10,11</sup> Из тог разлога, анизотропија магнетне суцептибилности се не може сматрати потпуно поузданим индикатором постојања цикличне делокализације  $\pi$ -електрона у прстену.

Смањена магнетна заштита водоникових атома који се налазе са спољашње стране ароматичног прстена и повећана магнетна заштита оних који се налазе са унутрашње стране ароматичног прстена као последица дијатропних кружних струја (и супротна слика у којој су унутрашњи водоникови атоми мање заштићени од спољашњих код антиароматичних прстенова као последица паратропних кружних струја) представља одличну прилику за одређивање ароматичности на основу НМР спектра.<sup>11</sup> Спољашњи протони ароматичних молекула обично имају сигнале на  $d \approx 7$  ppm и више, док протони на олефинским молекулима имају помаке на  $d \approx 5$  ppm. Разлика у овим хемијским помацима се најчешће објашњава моделом кружних струја<sup>8,11</sup> (Слика 2). Ипак, вредности хемијских померања зависе од многих доприноса и индуковане дијатропне кружне струје су само један од њих, мада прилично важан. Шлајер<sup>14</sup> је недавно показао да необични <sup>1</sup>H хемијски помаци у молекулу бензена и осталих арена у односу на винилне протоне нису последица ефекта смањене заштите због кружних струја. Уместо тога, преовлађују фактори као што су разлике у C-C( $\sigma$ ) и C-H доприносима као и различита заштита  $\pi$  везе у бензену у односу на референтни молекул циклохексена.

Развој оригиналне NICS технике је проистекао из истраживања утицаја кружних струја на хемијски помак Li<sup>+</sup> јона,<sup>15</sup> као и на основу добро познатих ниских вредности <sup>1</sup>H хемијских помака<sup>16</sup> водоника који се налазе у мостовима изнад ароматичних прстена или у унутрашњости прстена великих анулена. При теоријским одређивањима вредности ових хемијских помака највећи проблем је представљала чињеница да „убачени“ атоми водоника и јони литијума у знатној мери могу да поремете таласну функцију испитиваног система. Да би се избегли ови негативни утицаји предложено је да се рачуна апсолутна хемијска заштита неког виртуалног језгра (без протона и неутрона) као параметар ароматичности. На овим једноставним премисама почиња техника NICS која је први пут употребљена 1996. године.<sup>12</sup> Због своје приличне једноставности и ефикасности, NICS техника је наишла на широку примену тако да је до данас оригинални чланак<sup>12</sup> цитиран тачно 1337 пута (подаци за Новембар 2008. године).

Да би се ускладио са стандардном ковненијом НМР спектра, NICS параметар одговара негативној вредности магнетне заштите израчунате на изабраној тачки у близини испитиваног молекула. NICS параме-

тар се типично рачуна на центру прстена, на тачкама изнад центра прстена или као мрежа тачака у и око молекула. Велика негативна вредност параметра NICS значи да је та тачка простора добро заштићена од утицаја спољашњег магнетног поља, док велика позитивна вредност NICS параметра значи да је утицај спољашњег магнетног поља појачан. Вредност нула NICS параметра значи да је утицај спољашњег магнетног поља остао непромењен и такве вредности се обично добијају на великим растојањима од молекула. Уколико се у унутрашњости неког прстена или кавеза добије веома негативна вредност NICS параметра то значи да у том прстену или кавезу постоје индуковане дијатропне кружне струје, односно да је тај прстен ароматичан. Са друге стране веома позитивне вредности NICS параметра указују на паратропне кружне струје и да је систем антиароматичан, док ниске позитивне или негативне вредности NICS параметра ( $-5 \leq NICS \leq +5$ ) указују да не постоје кружне струје и да је систем неароматичан или олефински.

Пошто је заснован директно на цикличној електронској делокализацији, што је суштина ароматичности, NICS критеријум има неколико предности у односу на остале критеријуме ароматичности: (i) NICS техника не захтева употребу референтних стандарда или калибрационих реакција; (ii) За разлику од повећања магнетне суцептибилности, која зависи од квадрата површине прстена, NICS критеријум показује само малу зависност од величине прстена. Ипак NICS критеријум показује значајну зависност од броја  $\pi$  електрона укључених у делокализацију. Системи са десет  $\pi$  електрона имају много негативније NICS вредности него системи са шест  $\pi$  електрона, нпр. NICS(0) вредности за [n]анулени су  $-8,3$  за  $n=6$  и  $-28,8$  за  $n=10$ . (iii) NICS вредности се одлично корелишу са осталим енергетским, геометријским и магнетним критеријумима ароматичности. (iv) NICS параметар је много лакши за рачунање помоћу стандардних квантно-хемијских програма у односу на остале магнетне и енергетске критеријуме ароматичности.

Функција магнетне заштите пружа потпуно исте информације о електронској делокализацији и ароматичности молекула као и NICS параметри. На тај начин је одређен облик анизотропног ефекта у разним ануленима, рачунањем искључиво NICS вредности на различитим тачкама око молекула<sup>17</sup>. Рачунањем и цртањем површина са истим NICS вредностима могу се добити и визуелизовати квантитативне информације о изгледу и знаку одговарајућег анизотропног ефекта двоструке, троструке везе или ароматичног прстена. За молекул бензена област заштићења од спољашњег магнетног поља за  $-0,1$  ppm се налази чак на  $9 \text{ \AA}$  од центра прстена (у правцу  $z$  осе тј. нормално на раван прстена), област са појачаним дејством магнетног поља за  $+0,1$  ppm се налази на  $7 \text{ \AA}$  од центра прстена у  $xy$  равни.

Велики проблем у вези са NICS параметром, на коме инсистирају углавном експериментатори, је то што он представља практично немерљиву величину која се користи да се квалитативно и квантитативно процени

друга немерљива величина; ароматичност. У суштини, NICS вредности се могу проценити експериментално мада само у ретким случајевима. Убацавањем углавном инертних атома на позиције које су у близини молекула може се постићи добра процена функције магнетне заштите. Тако се добијене вредности хемијског помака за инертни  $^3\text{He}$  атом у центру молекула фуларена веома добро слажу са вредностима параметра NICS израчунатим на том истом месту.<sup>18</sup> На веома ниским температурама могао би се измерити  $^3\text{He}$  хемијски помак атома хелијума адсорбованог изнад површине  $\pi$  система ароматичног прстена. Остале могућности за експериментално процењивање вредности NICS параметра укључују мерење  $^1\text{H}$  хемијских помака протона из удаљених делова молекула (као у парациклофанима) или одређивање  $^1\text{H}$  и  $^{13}\text{C}$  хемијских помака у молекулу метана који се налази тачно у средини купе заштите од магнетног поља, тј. изнад центра ароматичног прстена.<sup>19</sup>

Без обзира што нема непосредну експерименталну потврду, NICS параметар је веома добро прихваћен од стране хемичара. Међутим, вредности NICS параметра као и свих других магнетних критеријума не зависе искључиво од  $\pi$  система већ и од многих других доприноса укупној магнетној заштити у одређеној тачки, као што су електрони у  $\sigma$  везама, слободни електронски парови и унутрашњи електрони. Из тог разлога NICS вредности нису једнаке нули за неароматичне засићене и незасићене уљоводоничне прстене. Због тога се може рећи да вредност NICS параметра представља одговарајућу меру цикличне делокализације електрона само када је пречник прстена прилично велики, јер је тада допринос  $\sigma$  орбитала вредности NICS параметра занемарљив. За планарне прстенове и прстенове који не одступају значајно од планарности, ови компликовани утицаји  $s$  орбитала су знатно мањи у простору који се налази  $1 \text{ \AA}$  изнад (или испод) центра прстена. Позитивна чињеница је да су на том растојању утицаји  $p$  орбитала нешто већи него у самом центру прстена. Због свега тога параметар NICS(1) (NICS вредност израчуната на тачки  $1 \text{ \AA}$  изнад центра прстена) се сматра да боље описује делокализацију  $\pi$  електрона у односу на параметар NICS(0) (NICS вредност на центру прстена). Да би се добио NICS параметар што чистији од утицаја  $\sigma$ -електрона предложене су процедуре за расчлањивање NICS параметра на доприносе појединих орбитала.

## (V) КРИТЕРИЈУМИ АРОМАТИЧНОСТИ ЗАСНОВАНИ НА ХЕМИЈСКОЈ РЕАКТИВНОСТИ

Реактивност неког хемијског система не зависи од енергије његовог основног стања већ од енергије прелазног стања или тачније од разлике у енергији између основног и прелазног стања. Пошто је ароматичност особина искључиво основног стања критеријуме засноване на хемијској реактивности није лако одредити и квантификовати. Ароматична једињења, генерално, лакше подлежу реакцији електрофилне супституције

него адиције јер постоји тежња да задрже своју ароматичну структуру. Ипак, ово правило има много изузетака. Антрацен и фенантрен са бромом дају адициони производ а код пентацена реакција адиције је доминантна са свим електрофилима. Неки ароматични фуларенски системи (нпр.  $\text{C}_{60}$  и  $\text{C}_{70}$ ) немају водоникових атома тако да не могу да учествују у реакцији супституције.

## (VI) СПЕКТРОСКОПСКИ КРИТЕРИЈУМИ АРОМАТИЧНОСТИ

Спектроскопски критеријуми ароматичности нису дефинисани као квантитативни критеријуми већ више као последица велике стабилности и високе симетрије основног стања. Због велике разлике између НОМО и LUMO молекулских орбитала пикови дозвољених прелаза у УВ/видљивим спектрима биће померени ка мањим таласним дужинама, односно ка већим енергијама прелаза, у односу на олефинске а посебно на антароматичне системе. Због тога је и молекул бензена необојен јер се први дозвољени електронски прелаз дешава у ултраљубичастој области. Међутим, са повећањем броја  $\pi$ -електрона у ароматичном систему смањује се разлика између НОМО и LUMO орбитала тако да долази и до померања таласних дужина овог електронског прелаза ка вишим вредностима, односно ка видљивом делу спектра.

Високе енергије јонизације које су измерене фотоелектронском спектроскопијом су последица повећане стабилности циклично делокализованих  $\pi$  електрона (електрони из највишег нивоа) у основном стању. Супротно од тога  $\pi$  електрони антиароматичних система су дестабилизовани и налазе се у високоенергетским нивоима тако да су њихове јонизационе енергије знатно ниже чак и од „обичних“ олефина.

Висока симетрија и изједначавање дужина веза у прстену су важна последица ароматичности. Та симетрија ће се видети у инфрацрвеним и Раманским спектрима ових једињења. Код антиароматичних и олефинских молекула симетрија је знатно нижа па ће због тога и њихови инфрацрвени спектри бити богатији тракама.

Овим се завршава серија наших текстова о појму ароматичности. Циљ нам није био да разјаснимо или дефинишемо овај појам већ да дамо пресек тренутног стања у овој области. Међутим, судећи према брзини којом се објављују нови резултати постоји реална опасност да ће ови текстови ускоро застарити. Велики број истраживачких група (укључујући и ауторе ових текстова) се тренутно бави ароматичним или потенцијално ароматичним молекулима. У новије време нека истраживања се окрећу ка једној, можда још занимљивијој идеји – ароматично прелазно стање. Нпр. уколико би успели да моделујемо реакцију тако да она иде преко прелазног стања које показује одређени ароматични карактер, тада би таква реакција била веома брза због мале енергије активације. Истраживања у овој области су још увек у фази планирања тако да ако имате неку идеју, знате како да нас контактирате. Надамо се

да сте уживали и нешто ново сазнали читајући наше текстове. Поздрав и до скорог читања.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Krygowski, T. M.; Cyranski, M. K. *Chem. Rev.* **2001**, *101*, 1385.
2. Boldyrev, A. I.; Wang, L. S. *Chem. Rev.* **2005**, *105*, 3716-3757
3. Armit, J. W.; Robinson, R. J. *Chem. Soc.* **1925**, *127*, 1604-1618.
4. У хомодезмотичким реакцијама мора постојати исти број атома са одговарајућом хибридизацијом и са леве и са десне стране. Такође број веза сваког елемента са водоницима мора бити исти са обе стране хомодезмотичке реакције.
5. Pearson, R. G. *Chemical Hardness*, Wiley, New York, 1997
6. Shaik, S.; Shurki, A.; Danovich, D.; Hiberty, P. C. *J. Am. Chem. Soc.* **1996**, *118*, 666.
7. Krygowski, T. M.; Cyranski, M. *Tetrahedron* **1996**, *52*, 10255.
8. Bernstein, H. J.; Schneider, W. G.; Pople, J. A. *Proc. R. Soc. London, Ser. A* **1956**, *236*, 515-528
9. Dauben, H. J., Jr.; Wilson, J. D.; Laity, J. L. *J. Am. Chem. Soc.* **1968**, *90*, 811
10. Flygare, W. H. *Chem. Rev.* **1974**, *74*, 653.
11. Minkin, V. I.; Glukhovtsev, M. N.; Simkin, B.Y. *Aromaticity and Antiaromaticity*, John Wiley & Sons: New-York, 1994.
12. Schleyer, P. v. R.; Maerker, C.; Dransfeld, A.; Jiao, H.; Hommes, N. J. R. v. E. *J. Am. Chem. Soc.* **1996**, *118*, 6317.
13. Krygowski, T. M.; Cyranski, M.; Ciesielski, A.; Sawirska, B.; Leszczynski, P. *J. Chem. Inf. Comput. Sci.* **1996**, *36*, 1135.
14. Wannere, C. S.; Schleyer, P. v. R. *Org. Lett.* **2003**, *5*, 605.
15. Cox, R. H.; Terry, H. W., Jr. *J. Magn. Reson.* **1974**, *14*, 317.
16. Mitchell, R. H. *Chem. Rev.* **2001**, *101*, 1301.
17. Klod, S.; Koch, A.; Kleinpeter, E. *J. Chem. Soc., Perkin Trans. 2* **2002**, 1506.
18. Bühl, M.; Hirsch, A. *Chem. Rev.* **2001**, *101*, 1153.
19. Williams, R. V.; Armantrout, J. R.; Twamley, B.; Mitchell, R. H.; Ward, T. R.; Bandyopadhyay, S. *J. Am. Chem. Soc.* **2002**, *124*, 13495.

## Abstract

### CRITERIA FOR CHARACTERIZATION OF AROMATICITY

Miloš K. Milčić and Snežana D. Zarić

Faculty of Chemistry, University of Belgrade

Because of the importance of aromaticity in chemistry, there have been many attempts to rationalize and quantify this property, and to derive a universal quantitative measure of it. However, because of its multiple manifestations, there is not yet any generally accepted single quantitative definition of aromaticity. The evaluation of aromaticity is usually based on the classical aromaticity criteria, which can roughly be divided into six categories: electronic, energetic, structural or geometrical, magnetic, reactivity-based measures and spectroscopic criteria. Which criteria one chooses the best and the relationship between these different criteria (*i.e.*, their orthogonality or nonorthogonality) is still a matter of debate.



Константин ИЛИЈЕВИЋ и Иван ГРЖЕТИЋ, Универзитет у Београду – Хемијски Факултет, Студентски трг 12-16, 11000 Београд (e-mail: grzetic@chem.br.ac.rs)

## ДУГОТРАЈНИ ОРГАНСКИ ЗАГАЂИВАЧИ (POPs)

### ИЗВОД

Дуготрајни органски загађивачи (*persistent organic pollutants - POPs*) су једињења широко распрострањена у свим медијима живојне средине. Због своје дуготрајности непромењени прелазе велике раздаљине, услед чега се јављају и у регионима у којима никад нису били присутни. Токсични су у врло малим концентрацијама, а многи од њих су канцерогени. У чланку су истражени основни представници и групе, представљени су извори емисија у живојну средину, начини трансјорја и елиминације, утицај на живојну средину и здравље. На крају је приказан Стокхолмске конвенције, међународној документацији на тему регулације POPs-ова.

Под медијем животне средине подразумева се околина (нпр. површинске воде, подземне воде, земљиште, ваздух) која окружује људе, животиње, биљке или друге организме, тј. околина са којом су они у контакту и кроз коју се могу преносити загађивачи и друге хемикалије. (<http://www.epa.gov/OCEPAterms/eterms.html>)

Присуство дуготрајних органских загађивача (*Persistent Organic Pollutants - POPs*) у животној средини представља озбиљан проблем глобалних размера. POPs-ови се дефинишу као врло стабилна једињења која се дуго задржавају у животној средини, непромењени прелазе велике раздаљине, биоакмулирају се и имају негативан утицај на људско здравље и животну средину. Из тих разлога POPs-ови се често сврставају у више група различитих једињења

са заједничким називом, на пример, у ксенобиотике (Xenobiotics), у дуготрајне токсичне супстанце (Persistent Toxic Substances – PTS) и у дуготрајне биоакумулативне и токсичне супстанце (Persistent Bioaccumulative Toxic Substances – PBTS).

## ГЛАВНИ ПРЕДСТАВНИЦИ И ГРУПЕ POPs-ОВА

У POPs-ове се сврставају:

- **Органохлорни пестициди** (слика 1) (**Organo Chlorinated Pesticides - ОСР**): алдрин, хлордан, DDT, диелдрин, ендрин, хептахлор, хексахлорбензен, мирекс, полихлоровани бифенили и токсафен.<sup>1</sup>
- **Индустријске хемикалије**: полихлоровани бифенили (PCBs) са 209 конгенера, Хексахлорбензен (HCB).
- **Ненамерно произведене хемикалије**: Диоксини и Фурани (PCDDs/PCDFs) са 210 конгенера, PCBs, HCB.

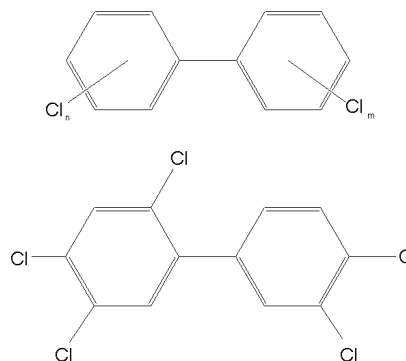
**Конгенер** је једна од две или више супстанци које су настале (конгенерисане) или су синтезисане из истих реакција или из истог поступка, а често и као једна од две или више супстанци које имају исто порекло, структуру или функцију<sup>a</sup>

a IUPAC. *Compendium of Chemical Terminology*, 2nd ed. (the "Gold Book"). Compiled by A. D. McNaught and A. Wilkinson. Blackwell Scientific Publications, Oxford (1997). XML on-line corrected version: <http://goldbook.iupac.org> (2006-) created by M. Nic, J. Jirat, B. Kosata; updates compiled by A. Jenkins. ISBN 0-9678550-9-8.

Први POPs-ови који су детаљније изучавани и чије испуштање и налажење у природи је најпре регулисано, такозвано *врљаво љуце*, су: алдрин, хлордан, DDT, диелдрин, ендрин, хептахлор, хексахлорбензен, мирекс, полихлоровани бифенили, полихлоровани дибензо-*џара*-диоксини, полихлоровани дибензофурани и токсафен. Данас у ову групу улазе и полициклични ароматични угљоводоници (ПАН), органокалајна једињења, перфлуороктансулфонска киселина (PFOS), полибромована једињења и полибромовани бифенилтри, октил- и нонилфеноли и њихови полиетиленгликол етри, хлоровани парафини, полихлоровани нафталени и трифенили и други.

**Полихлоровани бифенили (PCB)** су група једињења коју чини 209 конгенера (слика 1). Први пут су произведени 1929. године. Због својих изолаторских особина и незапаљивости широко су коришћени као заштита од пламена, течности за хлађење и мазива у трансформаторима, кондензаторима и другим различитим типовима опреме у електроиндустрији. Само 130 од укупног броја хлорованих бифенила се јављају у флуидима на бази PCB-а као комерцијалним

производима.<sup>2</sup> PCB смеше су врло стабилне у нормалним условима, али се при загревању могу наградити друга токсична једињења, на пример PCDF-и (полихлоровани дибензофурани) који су и иначе присутни у комерцијалним смешама у износу од неколико милиграма до 40 mg/kg. PCB-и супституисани у оба *џара* и бар једном *меџа* положају, али без супституције у *орџа* положају или са само једним *орџа* супституентом показују највећу токсичност. На слици 1 су приказани: општа формула свих PCB-а и PCB 126, најтоксичнији конгенер PCB-а.



Слика 1: Општа формула полихлорованих бифенила и формула најтоксичнијег конгенера, PCB 126

**Полибромовани бифенили (PBB)** су група бромованих ароматичних угљоводоника, насталих услед потраге за мање токсичним заменама за полихлороване бифениле. Углавном су коришћени као заштита од пламена у синтетичким влакнима и пластици. Најчешће употребљиван представник је хексабромбифенил који је идентификован као дуготрајни органски загађивач по Конвенцији о прекограничном загађењу ваздуха на великим удаљеностима (Convention on Long Range Transboundary Air Pollution - CLRTAP). Према овој конвенцији је и започето постепено искључивање хексабром бифенила из производње и употребе, али га земље у развоју које нису потписале и ратификовале ову конвенцију и даље користе.

Хексабромбифенили су врло постојани у природи јер су отпорни на хидролизу, хемијску оксидацију и термичку разградњу. Деградација PBB-а абиотичним хемијским реакцијама (искључујући фотохемијске реакције) готово је немогућа.

Смеше PBB су на собној температури у чврстом стању. PBB-и нису склони миграцији када се нађу у тлу и тешко испаравају, међутим, пронађени су у ткиву арктичке фоке што сведочи о њиховој способности да непромењени прелазе велике раздаљине. PBB-и су веома постојани у живим организмима и показало се да изазивају токсичне ефекте и рак код животиња. Продукти разградње PBB-а су често још токсичнији.

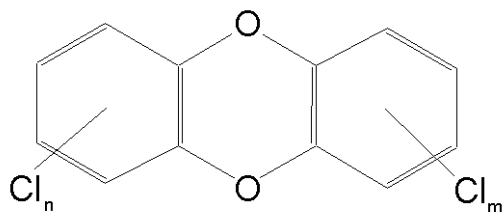
<sup>1</sup> Branimir Jovančićević, (2007) Dugotrajne organske zagadjujuće supstance (Persistent Organic Pollutants, POPs), Ministarstvo životne sredine i prostornog planiranja Republike Srbije <http://www.ekoplan.gov.rs/php/projekti/pops/plan.php> [20.10.2008]

<sup>2</sup> Olga Cvetković, (2007) Inventar PCB-a, Ministarstvo životne sredine i prostornog planiranja Republike Srbije <http://www.ekoplan.gov.rs/php/projekti/pops/plan.php> [20.10.2008]



**Полихлоровани дибензо-*п*-диоксини (PCDD)** су трициклична једињења која садрже 1 до 8 атома хлора (слика 2). Група има 75 конгенера, а најдуже проучаван и најтоксичнији представник је 2,3,7,8-тетрахлордибензо-*п*-диоксин. Са повећаним бројем атома хлора расте стабилност PCDD-а, али се токсичност прогресивно смањује. PCDD настају: као нежељене нечистоће у индустрији других хемикалија, као што су хлоровани феноли и њихови деривати, хлоровани дифенил етри и полихлоровани бифенили, у процесима производње гвожђа и челика, производњи хлорних једињења уз употребу графитних електрода итд. Бељење папира и пулпе хлором био је такође значајан извор PCDD-а, тако да су мање количине PCDD-а пронађене у ранијим папирним производима. Издувни гасови аутомобила, који користе оловни бензин у коме су хлорована једињења коришћена као такозвани ловци на слободно олово (*lead scavengers*) и сагоревање пластичних маса које садрже хлор (на пример поливинил-хлорида - PVC) такође представљају изворе PCDD-а.

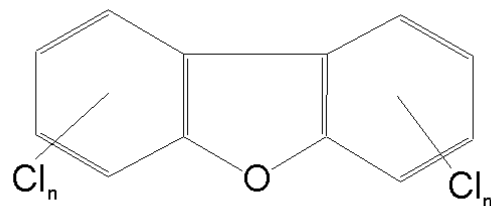
Мањи део PCDD-а се емитује из неантропогених извора (баштенски отпад, непотпуно сагоревање током пожара) или из извора невезаних за хемијску индустрију хлорних једињења: сагоревање угља и дрвета, топлење руда, што је потврђено анализом седимента насталих пре 1800. године.<sup>1</sup> Значајна количина PCDD-а се емитује из запаљених сметлишта и депонија комуналног отпада, односно током сагоревања аутомобилских гума.



Слика 2: Општа формула полихлорованих дибензо-*п*-диоксина

**Полихлоровани дибензофуранни (PCDF)** су у хемијском и токсиколошком смислу врло слични полихлорованим диоксинима (слика 3). Група се састоји од 135 конгенера, а најтоксичнији су 2,3,7,8 супституисани фуранни. PCDF су настали као нежељени споредни производи у производњи и употреби полихлорованих бифенила (PCB) и хлорфенола, најчешће заједно са полихлорованим дибензо-*п*-диоксинима (PCDD), а такође се могу наћи у отпаду током производње винил хлорида и алкалног процеса за производњу хлора.

**Полициклични ароматични угљоводоници (ПАН)** су велика група органских једињења која садрже два или више кондензованих ароматичних прстенова (слика 4), мада у ширем смислу могу да



Слика 3: Општа формула полихлорованих дибензофурана

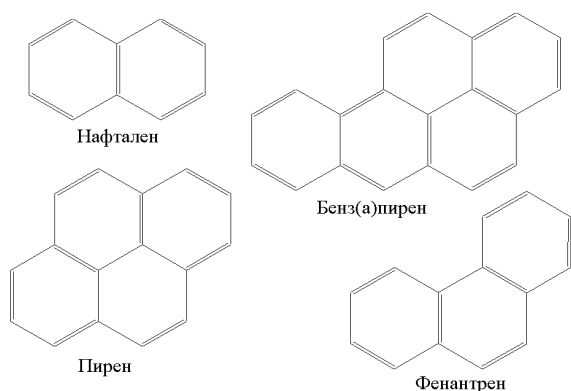
обухватају и системе некондензованих прстенова. ПАН-ови се углавном образују током непотпуно сагоревања и током индустријских процеса пиролизе, топлења метала, производње гума итд. Неколико њих се производи и комерцијално, укључујући: нафтален, аценафтен, флуорен, антрацен, фенантрен, флуорантен и пирен. Најчешћи извори у свакодневним ситуацијама су пушење дувана, печење и димљење прехранбених намирница и слично. Нивои појединих ПАН-ова повећавају се у зимском у односу на летњи период за најмање један ред величине пре свега због рада топлана или индивидуалних ложишта. Преовлађујући извор у градовима је током зиме загревање станова, а током лета градски друмски саобраћај.

Више од 100 ПАН-ова идентификовано је у атмосферским честицама и емитованим честицама из пећи на угљ у домаћинствима, а око 200 је пронађено у диму дувана. Проучавања различитих супстрата животне средине (као што су отпадне воде, угљ, издувни гасови моторних возила, употребљено моторно уље и дувански дим), показала су да су ПАН-ови у овим смешама углавном одговорни за њихов канцерогени потенцијал. ПАН-ови се природно јављају у тресету, лигниту, угљу, и нафти.

На собној температури, сви ПАН-ови су у чврстом стању. Растворљивост у води се смањује са повећањем молекулске масе. Хемијски су врло инертна једињења. Реакције које су значајне у погледу њихове судбине у животној средини и могући извори губитака током атмосферског узорковања су фоторазлагања и реакције са азотним оксидима, азотном киселином, сумпорним оксидима, сумпорном киселином, озоном и хидроксилним радикалима.

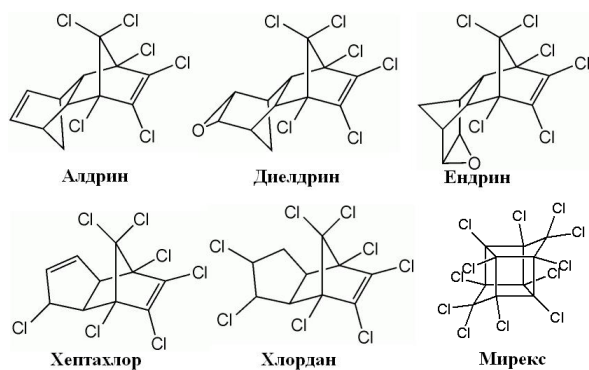
**Органохлорни пестициди** (слика 5) у Србији нису пронађени у значајним количинама, што је вероватно последица добре и благовремене политике контроле и забрана употребе ових супстанци. Препарати алдрина, диелдрина, хептахлора и хлордана су потпуно забрањени код нас још раних седамдесетих година. DDT је последњи РОР инсектицид са листе Стокхолмске конвенције који је код нас повучен из промета (1989. године), а извесну примену за контролу ектопаразита је још имао у јавном здравству до 1994. године, када је напуштен и у

<sup>1</sup> Alcock, R. E., McLachlan, M. S. Johnston, A. E. Jones, K. C., (1998) Further studies on environmental trends of PCDD/Fs in the UK and evidence for their presence in the environment prior to 1900. Environ. Sci. Technol. 32, 1580-1587



Слика 4: Најважнији представници РАН-ова.

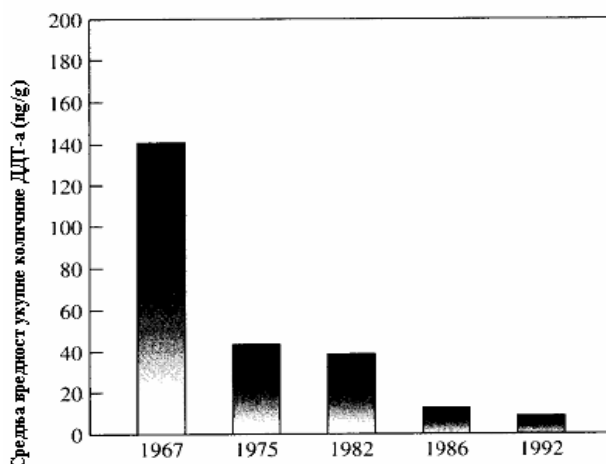
овој делатности. На слици 6 се види десетоструки пад концентрације DDT -а у хуманом млеку од када је почео да се избацује из употребе. У свету је дозвољена употреба DDT -а за сузбијања вектора болести (преносиоца болести као, на пример, маларичног комарца) и приликом производње дикофола (CAS<sup>1</sup> 115-32-2). Ендосулфан (CAS 115-29-7) је повучен из промета у Србији 2007. године, а HCH-и – хексахлорциклохексани (укључујући и линдан =  $\gamma$ -HCH) су остали у ограниченој примени за премазивање дрвета и као ветеринарски лекови за сузбијање ектопаразита.



Слика 5: Структурне формуле органохлорних пестицида: алдрин, диелдрин, ендрин, хептахлор, хлордан и мирекс.

## БИОАКУМУЛАЦИЈА И БИОМАГНИФИКАЦИЈА

Дуготрајне токсичне супстанце (PTS) и дуготрајни органски загађивачи (POPs) имају изражену тенденцију биоакумулације и биомагнификације што их чини додатно опасним за организме који се налазе при врху ланца исхране.



Слика 6: Трендови концентрације DDT -а у људском млеку (испитивање млека канадских жена у периоду 1967.-1992.)

**Биоакумулација** је процес накупљања одређених супстанци, као што су токсичне хемикалије, у различитим ткивима живих организама услед њиховог уноса преко исхране или из околине.

**Биомагнификација** се описује као процес накупљања одређених супстанци у организмима живих бића у далеко већим концентрацијама него што су концентрације истих супстанци у организмима који се налазе испод њих у ланцу исхране.<sup>а</sup>

<sup>а</sup> Landrum, PF and SW Fisher, (1999) *Influence of lipids on the bioaccumulation and trophic transfer of organic contaminants in aquatic organisms*. Poglavlje 9 u MT Arts and BC Wainman. Lipids in fresh water ecosystems. Springer Verlag, New York.

Упечатљив пример биомагнификације POPs-ова је примећен у ланцу исхране животиња Великих језера у САД. Ниво полихлорованих бифенила је у фитопланктону износио 0,0025 ppm, у зоопланктону 0,123 ppm, језерским пастрмкама (*Salvelinus namaycush*) 4,83 ppm, а у јајима галебова (*Larus smithsonianus*) 124 ppm<sup>2</sup>. POPs-ови се због своје неполарне природе највише концентрују у масним ткивима животиња. Услед биоакумулације концентрација POPs-ова у јединкама расте током година. Праћење концентрације DDT-а у ткивима пастрмке језера Онтарио, Канада, (слика 7) је показало да је његова концентрација у јединкама старим две године реда величине десетих делова ppm, а са старошћу пастрмки расте, тако да је код јединки старијих од девет година концентрација DDT-а у ткивима била већа 4 ppm<sup>3</sup>.

Степен биоакумулације се најбоље изражава преко биоакумулационог фактора (bioaccumulation factor - BAF), који се добијају када се концентрација акумулиране супстанце у живом ткиву подели са концентрацијом супстанце у храни односно у окружењу. BAF је у доброј корелацији са октан-вода

<sup>1</sup> Chemical Abstracts Service (CAS) Registry Number

<sup>2</sup> *The state of Canada's Environment*, (1991) Ottawa: Government of Canada, ISBN:0-660-14237-6

<sup>3</sup> *Toxic Chemicals in Great Lakes Associated Effects* vol 1, part 2. , (1991) Ottawa, Canada: Minister of supply and Services.

**Ксенобиотици** су супстанце које организми не производе нити их нормално уносе током исхране. Под појмом ксенобиотици се подразумевају и супстанце нађене у већој концентрацији од уобичајене, а најчешће овај појам обухвата супстанце произведене људским деловањем (антибиотици, пестициди, полихлоровани угљоводоници, диоксини и фурани итд.).

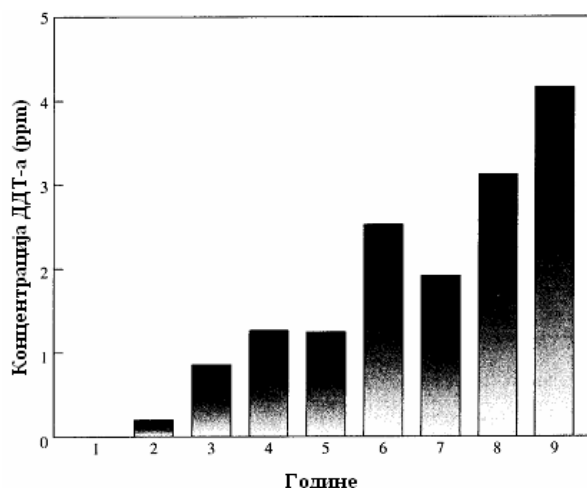
**Дуготрајне токсичне супстанце** (persistent toxic substances PTS) су токсичне супстанце у које спадају: POPs-ови, тешки метали и поједина органометална једињења. Њихов период полураспадања у воденој средини обично је дужи од осам недеља. Због своје стабилности се релативно лако шире ваздухом, водом, односно кроз земљиште, прелазе границе држава и континентата, а у животној средини се могу задржати генерацијама.

**Дуготрајне биоакумулативне и токсичне супстанце** (PBTs) су, како само име каже: токсичне, дуго опстају у животној средини и биоакумулирају се у ланцима исхране, те стога представљају ризик за људско здравље и екосистеме. Канадско-амерички бинационални програм за елиминацију PBTs-а из Великих језера првобитно је одредио 12 PBT супстанци (видети слике 5 и 4): алдрин/диелдрин, бенз(а)пирен, хлордан\*, DDT и његови метаболити, хексахлоробензен, алкил-олово, жива и њена једињења, мирекс, октахлоростирен, диоксини и фурани, PCBs и токсафен\*. Многа од ових једињења су коришћена као пестициди и већ су забрањена, док су с друге стране нека (нпр. жива) и даље у употреби.

\*Хлордан је смеша 2 изомера услед појаве *cis/trans* изомерије хлорових атома на петочланом *ипсџену*. Токсафен је смеша полихлорованих бицикличних терпана са хлорованим камфенима<sup>1</sup>. Апроксимативна формула токсафена је C<sub>10</sub>H<sub>10</sub>Cl<sub>8</sub> а просечна молекулска бруто маса једињења у смеси је 413,8.

партиционим коефицијентом K<sub>ow</sub> који, иако се много лакше одређује, није поуздан за предвиђање биоакумулационих тенденција супстанци са великом молекулском масом (молекули са M>1000 тешко пролазе пасивном дифузијом кроз биолошке мембране и нису биодоступни) или супстанци које се лако метаболишу (нпр. бенз[а]пирен и пентахлор-фенол)<sup>1</sup>.

Дуготрајност POPs-ова потиче од њихове отпорности према физичкој, хемијској и биолошкој деградацији. Ако је полуживот неке супстанце у ваздуху дужи од два дана, онда се сматра да ће и после 8 до 10 дана њена концентрација у ваздуху бити и даље знатна, а то је временски период за који ваздушне масе могу прећи хиљаде километара. У земљишту је полуживот POPs-ова знатно дужи (Табела 1) и износи барем 2 до 6 месеци, мада неке супстанце имају период полураспада од неколико година (мирекс 6-10 год., DDT 2-15 год. итд.)<sup>2</sup> Иако се дуготрајност изражава преко времена полуживота супстанце у одређеној средини, никад се не сме изгубити из вида да ће у удаљеним поларним регионима дуготрајност POPs-ова бити знатно дужа.



Слика 7: Праћење концентрације DDT-а у ткивима пастрмке у годинама различите старости у језеру Онтарио, Канада

**Дуготрајност** је способност неке супстанце да се непромењена задржи у неком медију и изражава се преко времена полу-живота супстанце (узимају се у обзир како процеси распадања тако и процеси удаљавања из посматраног медија, нпр. испаравање и сл.).

**Времена полуживота** (време потребно да се одређена маса неке супстанце разгради до ½ почетне масе) нису иста за сваку средину (у ваздуху су много краћа него у води или седименту) због различитих услова у тим срединама. Постоји више предлога за конкретна времена полураспада која ће се узети као критеријум за дуготрајност супстанце, а Економска комисија Уједињених нација за Европу (United Nations Economic Commission for Europe – UNECE) је 1995. год. утврдила следеће минималне временске периоде за које би концентрације разматраних супстанци требало да се преполове<sup>а</sup>:

- 60 дана у води
- 180 дана у земљишту
- 180 дана у седиментима

<sup>а</sup> International Council of Chemical Associations (ICCA) briefing note on Persistent Organic Pollutants (POPs), (1998) International Council of Chemical Associations (ICCA) [www.icca-chem.org/downloads/position/Chem%20Mgt/POPs/Briefing%20Note%20on%20POPs.doc](http://www.icca-chem.org/downloads/position/Chem%20Mgt/POPs/Briefing%20Note%20on%20POPs.doc) [9.11.2008]

## ГЛАВНИ ПРОЦЕСИ ЕЛИМИНАЦИЈЕ POPs-ОВА

Главни процеси распадања POPs-ова су фотолиза, хидролиза и биодеградација. Они у многоме зависе од метеоролошких услова, температуре, рН, састава и натољености земљишта, односно влаге у ваздуху. Задржавање POPs-ова у неком медију ће такође зависити од њихове тенденције да се таложе у седиментима, испарљивости, биоконцентравања итд. Фотолиза и реакције са хидроксил радикалом који у атмо-

<sup>1</sup> Bo Wahlström *Criteria for Identifying Persistent Organic Pollutants*. UNEP [http://www.chem.unep.ch/Pops/POPs\\_Inc/proceedings/Iguazu/SUNDEN.html](http://www.chem.unep.ch/Pops/POPs_Inc/proceedings/Iguazu/SUNDEN.html) [20.10.2008]

<sup>2</sup> Jorgensen, S.E., Jorgensen, L.A. and Nielsen, S.N., (1991). *Handbook of Ecological Parameters and Ecotoxicology*. Elsevier. Amsterdam, Netherlands.

сфери настаје под утицајем сунчеве светлости су често најефикаснији начин разградње POPs-ова.

Садржај органске супстанце у земљишту највише доприноси адсорпцији POPs-ова, мада је битна и количина глине. У песковитом земљишту је могућ продор извесне количине POPs-ова и до подземних вода, после чега долази до таложења у седиментима. Адсорпцију нужно прати и десорпција, тако да ће локалитети на којима је дошло до депоновања POPs-ова полако отпуштати ова једињења дуже време након првобитног излагања.

Испаравање је главни начин уклањања већине POPs-ова (алдрин, диелдрин, хлордан, токсафен, ендрин, хептахлор, HCB, DDT) из површинског слоја земљишта. На пример, из огољеног влажног тла је могуће испаравање до 90% хептахлора у року од 2 до 3 дана док је за DDT утврђено да ће у пустињском земљишту са мало органских састојака губитак путем испаравања износити до 50% за 5 месеци. У неким другим типовима земљишта (Hood River i Medford) губитак DDT-а је знатно мањи и износи 17-18% током 5 година<sup>1</sup>. Иако напон паре POPs-ова не прелази 0,2 паскала услед испаравања и поновне депозиције они контаминирају велика пространства и јављају се у знатним количинама у регионима у којима никад нису били употребљавани као што је Арктик (Северни пол). Влага у земљишту погодује испаравању POPs-ова јер се молекули воде такмиче са њима за адсорп-

циона места (вода преузима њихово адсорпционо место, а ови испаравају), док количина органске материје, због тенденције да адсорбује POPs-ове и степен хлоровања POPs-ова, због повећања молекулске масе, имају обрнут утицај на њихову испарљивост.

## ТРАНСПОРТ POPs-ОВА У ЖИВОТНОЈ СРЕДИНИ

POPs-ови поседују особине захваљујући којима се могу наћи у свим медијима животне средине. Због своје знатне неполарности слабо се растварају у води, док им мала испарљивост ограничава веће присуство у ваздуху. Стога се POPs-ови не могу окарактерисати као примарни загађивачи искључиво воде, ваздуха или земљишта. Њихова дуготрајност им омогућава да прелазе велике раздаљине што је створило проблем глобалних размера.

Дугодометни пренос POPs-ова се одвија на неколико начина:

- Атмосферски: у облику паре, сорбовани на суспендованим честицама или растворени у воденим капљицама облака
- Растворени у води или сорбовани на суспендованим честицама океана
- Растворени у води или сорбовани на суспендованим честицама река
- У ткивима миграторних животиња

**Табела 1: Времена полу-живота за POPs-ове у води, земљишту и седименту (изражено у данима сем ако је назначено другачије)**

Супстанца	Вода*	Земљиште*	Земљиште**	Седимент*
TCDD	> 380	10 год.	1 - 3 год. у површинском, до 12 год. у дубљим слојевима	> 365
Алдрин	760	> 20	20-100 дана	
DDT	> 4380	> 15 год.	2-15 год.	> 1100
Диелдрин	> 1460	> 175	5 год.	
Ендрин	> 112	> 1460	12-14 год.	
Хексахлоробензен	< 1	> 986	2,7 до 22,9 год.	
Хексахлорциклохексани	26 година на 5 C <sup>0</sup> i рН 8		12 до 1146	
Хептахлор			9 месеци до 2 године	
Хлордан	7,6 год.	> 20 год.	4 год.	
Хлородекон			1-2 године	
Мирекс		> 600 год.	6 год.	> 600 год.
PCBs			5-15 год.	
Токсафен	20 год.	20 год.	70 дана до 6 год.	
РАН			24 до 1524 дана (просечно 570)	

\*Подаци преузети из. *Toxic Substances Management Policy*, 1995 Environment Canada<sup>1</sup>.

\*\*Подаци преузети из *Dugotrajne organske zagadjujuće supstance (Persistent Organic Pollutants, POPs)*, Бранимир Јованчијевић<sup>2</sup>.

<sup>1</sup> Jorgensen, S.E., Jorgensen, L.A. and Nielsen, S.N., (1991). *Handbook of Ecological Parameters and Ecotoxicology*. Elsevier. Amsterdam, Netherlands.

- Антропогеним транспортом и то у облику разних прозвода или отпада.

У зависности од своје испарљивости и растворљивости POPs-ови током транспорта имају мањи или већи број прелаза, тривијално названих *скокови* или прелази у више фаза<sup>1</sup>. У табели 2 су приказане основне категорије органских супстанци које прелазе велике раздаљине, начин њиховог транспорта и особине које га условљавају. Границе међу групама нису оштро дефинисане, а припадност одређеној групи зависи од растворљивости у води и испарљивости. Ове особине су зависне од температуре тако да њена промена утиче на начин транспорта POPs-ова. Припадност некој категорији се може проценити на основу логаритамских вредности (уведених ради линеаризације и избегавања великих опсега) партиционог коефицијента расподеле између 1-октанола (служи као јако једноставан модел ћелијске мембране) и воде –  $\log K_{ow}$  и партиционог коефицијента за расподелу између ваздуха и воде –  $\log K_{aw}$ . Уколико је концентрација POPs-ова већи у ваздуху него у води онда су то супстанце које су склоне ваздушном транспорту (категирије А и Б), а уколико концентрација у води већа него у ваздуху онда су то супстанце склоне транспорту на честицама или у капљицама воде (категирије Ц и Д).

**Партициони коефицијент** је однос концентрације неке супстанце растворене или адсорбоване у једној фази у односу на концентрацију те супстанце у другој фази. ( $K_{ow} = [\text{супстанца у 1-октанолу}]/[\text{супстанца у води}]$ ,  $K_{aw} = [\text{супстанца у ваздуху}]/[\text{супстанца у води}]$ )

Транспорт једносковних (слика 8) POPs-ова највише зависи од локације њиховог извора у

атмосферу у односу на атмосферске токове зато што ови транспортују само ако су сорбовани на честице у ваздуху. Време њиховог испуштања и атмосферски услови имају знатан утицај на њихов транспорт. Брза хоризонтална и ограничена вертикална ваздушна кретања као и одсуство падавина потребни су за ефикасан дугодоменти транспорт. Подручја ближа извору су више погођена од удаљенијих подручја.

На транспорт вишесковних (слика 8) POPs-ова највише утиче лакоћа са којом се крећу између фазе у атмосфери и фазе боравка на земљиној површини. POPs-ови који прелазе из гасовитог у кондензовано стање и обрнуто у оквиру температурних опсега релевантних у животној средини ће чешће пролазити кроз размену ваздух-површина (*скакаши*) и већа је вероватноћа да ће даље одмакнути од места испуштања у животну средину. Скоковит трансфер POPs-ова је појачан дневним<sup>2</sup> и годишњим променама температура<sup>3</sup>.

Дугодометни транспорт POPs-ова креће се дуж температурних градијената, било да се они простиру од мањих ка већим географским ширинама или да су у питању висински температурни градијенти<sup>4</sup>. Током транспорта ће већи део POPs-ова ће бити разложен (биолошки, хемијски или фотохемијски) или задржан у седиментима, земљишту или вегетацији. Хладнији региони Земљине површине заузимају релативно малу површину у односу на остатак планете, тако да је чак и мањи део свих емитованих POPs-ова, тј. део који се током транспорта не разложи или трајно исталожи, довољан да изазове повећање концентрације у поларним регионима и пределима на вишој надморској висини<sup>5,6</sup>. Додатан проблем који доприноси концентровању POPs-ова је што је

**Табела 2: Категоризација органских супстанци у односу на њихове особине везане за дугодометни транспорт.**

Категорија		Особине	Примери
А	Без скока	Супстанце које су толико испарљиве да се не депонују на Земљиној површини и остају трајно у атмосфери	Фреони
Б	Вишесковни	Супстанце које лако прелазе из гасне у кондензовану фазу (у земљишту, води, вегетацији) приликом промена температуре или састава околине у којој се налазе, те стога прелазе дуге раздаљине понављајући циклусе испаравања и депозиције	PCB, лакши PCDD/PCDF, HCB, токсафен, диелдрин, хлордан, ендосулфан
Ц	Једносковни	Супстанце које су толико неиспарљиве и нерастворне у води да се преносе далеко само ако су депоновани на чврстим честицама у ваздуху или води	Тежи PCDD/PCDF, PAH са 5 прстенова (бензо(а)пирен), тежи PBDE – полибромованидифенил етри, мирекс, декахлорбифенил
Д	Без потребе за скоком	Супстанце које су довољно растворне у води да могу прелазити велике раздаљине растворене у воденој фази	Хексахлорциклохексани, полихлоровани феноли, атразин, фталати, перфлуороктанил сулфат

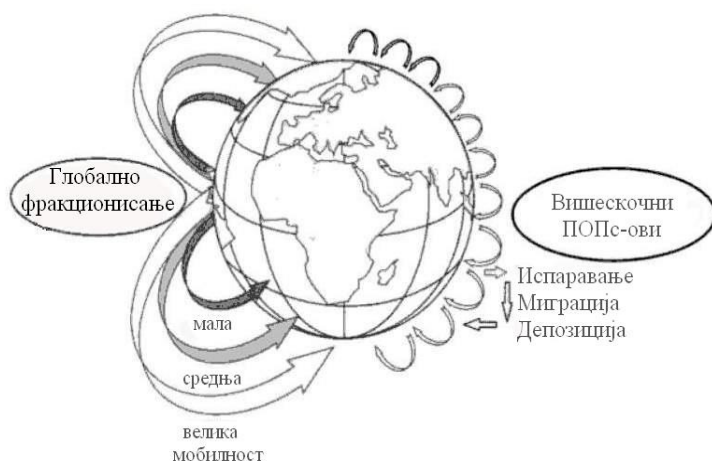
<sup>1</sup> Regionally Based Assessment of Persistent Toxic Substances 2003 UNEP, UNEP Chemicals 11-13, chemin des Anémones CH-1219 Châteline, GE Switzerland

<sup>2</sup> Hornbuckle KC, Eisenreich SJ., (1996) Dynamics of gaseous semivolatile organic compounds in a terrestrial ecosystem - Effects of diurnal and seasonal climate variations. Atmos Environ 30, 3935-3945. [http://www.chem.unep.ch/Pts/gr/Global\\_Report.pdf](http://www.chem.unep.ch/Pts/gr/Global_Report.pdf) [20.10.2008]

<sup>3</sup> Hoff RM, Muir DCG, Grift NP., (1992) Annual cycle of polychlorinated biphenyls and organohalogen pesticides in air in southern Ontario. 1. Air concentration data. Environ Sci Technol 26, 266-275.

<sup>4</sup> Wania F, Mackay D., (1993) Global fractionation and cold condensation of low volatility organo-chlorine compounds in polar regions. Ambio 22, 10-18.

<sup>5</sup> Wania F, Mackay D., (1993) Global fractionation and cold condensation of low volatility organo-chlorine compounds in polar regions. Ambio 22, 10-18.



Слика 8: Принципи дугодометног транспорта POPs-ова

деградација POPs-ова много спорија при нижој температури и мањој осунчаности (која је карактеристична за поларне регионе).

POPs-ови се међусобно разликују по својим способностима да учествују у размени између ваздуха и површине Земље што доводи до разлика у њиховом релативном саставу како се удаљавају од извора загађења. Овај феномен да испарљивије компоненте прелазе дужи пут је особито проучаван на конгенерима РСВ-а и зове се *глобално фракционисање*.<sup>1,2</sup>

Важно је напоменути да не постоји директна веза између дугодометног транспорта неког POPs-а и степена његове токсичности. Може се рећи и да су POPs-ови са мањим дометом уједно и концентрованији у близини извора јер је разблажење током миграције мање.

### УТИЦАЈ НА ЗДРАВЉЕ ЉУДИ И ЕКОТОКСИКОЛОШКИ АСПЕКТИ

Људска популација је најчешће изложена POPs хемикалијама преко хране, нарочито услед конзумирања рибе, живине, меса и млечних производа јер су то намирнице са већим садржајем масти. POPs изазивају неуролошке поремећаје, поремећај функције јетре и репродуктивног система, поремећаје у понашању, поремећаје на нивоу имуног и ендокриног система, и канцерогени су. Плод у развоју као и бебе непосредно после рођења су нарочито осетљиве на изложеност POPs хемикалијама услед пролаза ових једињења кроз плаценту и елиминације у процесу лактације, као и због могућих ефеката током каснијих критичних периода раста и развоја.

Излагање високим нивоима РСВ, PCDD и PCDF се манифестује у виду промена на кожи (хлоракне и хиперпигментација ноктију и коже), неуролошких ефеката (неуробихејвиорални поремећаји, мишићна

слабост и спазам мишића), негативних утицаја на јетру, штитну жлезду, раст и развој, имуни и репродуктивни систем. Карциногени утицај је посебно изражен код диоксида чак и у веома малим количинама. Примарни токсичан ефекат PAH-ова је изазивање злоћудних тумора. Инхалационо излагање најчешће доводи до рака плућа, а дермално може довести до рака коже.

Истраживања садржаја POPs-ова у ткивима организама широм света су показала да су главни POPs интоксиканти DDT и PCBs. У зонама у којима је дошло до емитовања веће количине токсафена, диелдрина и продуката DDT -а уочене су аномалије репродуктивних органа код животиња,

репродуктивна немоћ и поремећаји хормонског статуса. У St. Lawrence River, САД, код белуга китова уочен је читав низ поремећаја за које се верује да су их изазвали РСВ-и. Поремећаји укључују више типова тумора, тироидне поремећаје, скелетне аномалије, различите инфекције, чиреве, пнеумонију итд., а који нису уопште примећени код белуга који су живели у мање загађеној води. Иако је у међувремену (око 30 година од тада) ниво POPs прилично пао, ова врста и данас показује исте знаке интоксикације, посебно младунци који перманентно примају полутанте преко мајчиног млека. PCBs су одговорни за ишчезнуће ласица са обала Великих језера у САД и видри из Европе средином 20-ог века услед проблема са формирањем репродуктивних органа (код неких мужјака је формирање тестиса и пениса потпуно

Табела 3: Фактори еквивалента токсичности за најотровније диоксине и фуране.

PCDD & PCDF (17 једињења)	TEF
2,3,7,8-тетрахлордобензо- <i>para</i> -диоксин	1.0
1,2,3,7,8-пентахлордобензо- <i>para</i> -диоксин	0.5
1,2,3,4,7,8-хексахлордобензо- <i>para</i> -диоксин	0.1
1,2,3,6,7,8-хексахлордобензо- <i>para</i> -диоксин	0.1
1,2,3,7,8,9-хексахлордобензо- <i>para</i> -диоксин	0.1
1,2,3,4,6,7,8-хептахлордобензо- <i>para</i> -диоксин	0.01
1,2,3,4,6,7,8,9-октахлордобензо- <i>para</i> -диоксин	0.001
2,3,7,8-тетрахлордобензофуран	0.1
2,3,4,7,8-пентахлордобензофуран	0.5
1,2,3,7,8-пентахлордобензофуран	0.05
1,2,3,4,7,8-хексахлордобензофуран	0.1
1,2,3,6,7,8-хексахлордобензофуран	0.1
1,2,3,7,8,9-хексахлордобензофуран	0.1
2,3,4,6,7,8-хексахлордобензофуран	0.1
1,2,3,4,6,7,8-хептахлордобензофуран	0.01
1,2,3,4,7,8,9-хептахлордобензофуран	0.01
1,2,3,4,6,7,8,9-октахлордобензофуран	0.001

<sup>6</sup> Wania F, Mackay D., (1996) *Tracking the distribution of persistent organic pollutants*. Environ Sci Technol 30, 390A-396A.

<sup>1</sup> Wania F, Mackay D., (1993) *Global fractionation and cold condensation of low volatility organo-chlorine compounds in polar regions*. Ambio 22, 10-18.

<sup>2</sup> Wania F, Mackay D., (1996) *Tracking the distribution of persistent organic pollutants*. Environ Sci Technol 30, 390A-396A.

изостајало). DDT, PCBs, и диоксини су одговорни за смрт многобројних фока и делфина током осамдесетих и деведесетих година јер су утицали на слабење њиховог имуног система.

Сматра се да PCB-и, PCDD-и, PCDF-и, PAH-ови, који се углавном налазе у облику смеша структурно сличних конгенера, имају исти механизам дејства испољеног преко интеракције са цитоплазматичним Ah рецепторима<sup>a</sup> (арилугљоводонични рецептори). Ah рецептори су пронађени како у људским ћелијама тако и у ћелијама и ткивима других сисара и осталих вертебрата. Од свих POPs-ова, 2,3,7,8-тетрахлордibenзо-*йара*-диоксин има највећи афинитет ка Ah рецепторима, а уклањање атома хлора са ових положаја или додавање на остале положаје у молекулу смањује афинитет ка Ah рецепторима<sup>b</sup>. Ah рецептори спадају у лигандно-зависне транскрипционе факторе који регулишу експресију гена (за више информација погледати референцу 17).

Ефекти дејства компоненти у смеси су адитивни па се укупна токсичност мешме може представити преко **токсичних еквивалента TEQ (Toxic Equivalent)** што је много једноставније него посматрати токсичност сваке компоненте понаособ. Свакој компоненти у смеси се додељује одговарајући **фактор еквивалента токсичности TEF (Toxic Equivalency Factor)** који се одређује у односу на најтоксичнију супстанцу у смеси (за коју је TEF=1). Множењем концентрације сваке компоненте са његовим фактором еквивалента токсичности (TEF) и рачунањем суме производа добија се TEQ – токсични еквивалент мешме.

Међународно прихваћена TEF листа (I-TEFs) први је пут установљена 1988. године од стране NATO пакта/Комитета за изазове модерног друштва (NATO/CCMS). Светска здравствена организација (WHO) ревидирала је ове вредности 1998. године. Током 2005. године TEF вредности су поново преиспитане од стране експертског тима Светске здравствене организације.

<sup>a</sup> Pocar P, Fischer B, Klonisch T, Hombach-Klonisch S, (2005) Molecular interactions of the aryl hydrocarbon receptor and its biological and toxicological relevance for reproduction. *Reproduction* 129, 379-389

<sup>b</sup> Biljana Antonijević, (2006) *POPs i humana toksikologija* Ministarstvo životne sredine i prostornog planiranja Republike Srbije <http://www.ekoplan.gov.rs/php/projekti/pops/plan.php> [20.10.2008]

Најтоксичнији диоксини и фурани су супституисани у 2, 3, 7 и 8 положају са четири атома хлора. 2,3,7,8-тетрахлордibenзо-*йара*-диоксин као најтоксичнији диоксин има TEF=1, најтоксичнији фуран је 2,3,4,7,8-пентахлордibenзофуран са TEF=0,5. TEF се

може рачунати и за PAH-ове при чему је TEF=1 додељен бензо(а)пирану.

## СТОКХОЛМСКА КОНВЕНЦИЈА

Већ је наглашено да особине POPs-ова, а нарочито њихова дуготрајност омогућава да прелазе велике раздаљине што је створило проблем глобалних размера. У циљу решавања овог проблема међународна заједница је направила међународни уговор познат под називом *Стокхолмска конвенција о дуготрајним органским загађивачима* чији је основни циљ да ограничи или забрани производњу, употребу, емисије, увоз и извоз POPs-ова. Стокхолмска конвенција је ступила на снагу 17. маја 2004. када ју је ратификовало 50 земаља света. До данас су 152 земље потписале конвенцију, а 141 ју је ратификовала. Србија је једна од земаља потписница, међутим, на ратификацију се још увек чека. Конвенција се првенствено односи на *йрљаво йуце*: 9 органохлорних пестицида, полихлороване бифениле, полихлороване дibenзо-*йара*-диоксине, полихлороване дibenзофуране, али такође успоставља критеријуме по којима ће нове супстанце бити додаване на листу. Потписнице конвенције су се обавезале да ће прекинути са употребом и производњом POPs-ова, да ће максимално смањити ненамерну производњу POPs-ова, да ће вршити њихов транспорт и размену само ради њиховог коначног уништења, да ће до 2025. заменити сву опрему која садржи POPs-ове (односи се првенствено на PCB-е), органицити употребу постојећих резерви POPs-ова и на безбедан начин уништити пописане резерве, да ће санирати локације угрожене досадашњом емисијом POPs-ова, да ће радити на развијању безбеднијих алтернатива и развити националне акционе планове ради примене конвенције на локалном нивоу.

### Abstract

#### PERSISTENT ORGANIC POLLUTANTS (POPS)

**Konstantin Ilijević, Ivan Gržetić**, Faculty of Chemistry, University of Belgrade

Persistent organic pollutants (POPs) are ubiquitous in all environmental media. Because of their persistence, they are present even in regions where they haven't been released before. POPs are toxic even in very low concentrations, many of them being carcinogenic. Basic representatives and groups of POPs, sources in the environment, ways of transport and elimination, impact to the human health and the environment are presented in this article. At the end Stockholm Convention is mentioned, an international legally binding agreement on persistent organic pollutants.



## ВЕСТИ из ШКОЛЕ ВЕСТИ за ШКОЛЕ

Василије ПЛАНИЋ, ОШ "М.Ч. ЧАЈКА", Трстеник

### СЦЕНАРИО ЧАСА: „МОДЕЛ СТРУКТУРЕ АТОМА“

**Разред:** VII

**Тип часа:** практична вежба број VIII

**Облик рада:** групни

**Циљеви:**

- да ученици знају каква је структура атома, врсте честица у атому и где се налазе,
- да ученици знају да одређују број електрона по нивоима и како се обележавају нивои.

**Материјал за час:** упутство за рад (дато у прилогу); ученици доносе на час следећи прибор и материјал: маказе, картон, шестар, оловку.

**Ток часа:**

**Корак 1. Формирање групе.**

Ученици формирају четири групе по слободном избору.

**Корак 2. Задавање задатака групама.**

Наставник даје групама упутство са задацима, уз потребна додатна објашњења.

**Корак 3. Рад ученика на задацима.**

Ученици читају информације, а потом задатке. Од њих се очекује да од картона направе модел структуре атома, са распоређеним моделима електрона по нивоима. Затим треба да направљени модел атома прикажу помоћу цртежа на папиру.

**Корак 4. Извештавање групе.**

Када све групе заврше задатке, представници група на табли лепе цртеже модела структуре атома и објашњавају их.

**Корак 5. Евалуација.**

Ученици оцењују једни друге према резултатима и залагању током рада. Наставник оцењује целу групу.

**Прилог: Упутство за реализацију практичне вежбе „МОДЕЛ СТРУКТУРЕ АТОМА“**

У тексту су дате информације које су важне за успешно решавање задатака. Пажљиво их прочитајте. Затим пажљиво прочитајте задатке. Задаци 1, 2, 4 и 5 су заједнички за све групе. У задатку 3 решаваћете онај део који се односи на вашу групу.

**Информације:**

- Атом чини језгро и електронски омотач.  
- Језгро атома чине протони и неутрони.  
- Електронски омотач чине електрони који круже око језгра по одређеним путањама (нивоима) које су обележене словима K, L, M, N, O, P, Q или бројевима 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7.

У последњем, највишем нивоу (који се назива и валентни јер се у њему налазе валентни електрони) максималан број електрона се израчунава по обрасцу  $2n^2$

где  $n$  представља број путање односно енергијског нивоа.

**ЗАДАТАК 1:** Нацртајте на картону модел атома тако што ћете у центру атома обележити веома мали круг који представља центар, а око њега још 3-4 концентрична круга помоћу шестара или слободном руком. Затим исеците од картона 20 кружића који ће представљати моделе електрона.

**ЗАДАТАК 2:** На основу датих информација израчунајте максималан број електрона у прва четири нивоа и обележите их словима или бројевима.

**ЗАДАТАК 3:** Распоредите по нивоима моделе електрона од картона тако да направите модел атома који има:

I група: 11 електрона

II група: 5 електрона

III група: 17 електрона

IV група: 1 електрон

Направљени модел атома нацртајте на папиру.

**ЗАДАТАК 4:** Размислите о следећим стиховима:

„Срце ми је тешко, али плус

Крила су ми зрачна, али минус

У целини ја сам неутралан

У целини ја сам неки ђус“

**ЗАДАТАК 5:** Одговорите и објасните:

1. Из чега се састоји атом?

2. Које честице чине језгро атома, како се зову и како се обележавају?

3. Које честице круже око језгра атома и како се обележавају?

4. Колико електрона недостаје у последњем нивоу атома елемената у првој, другој, трећој и четвртој групи Периодног система елемената до максималног броја електрона израчунатог по формули  $2n^2$ ?

5. Издвојте значајне речи из стиха које су у вези са особинама атома и објасните их.

#### ЗАКЉУЧАК

Према представљеном сценарију је реализован и снимљен час у одељењу седмог разреда, школске 2007/2008. године. Ученици су показали да им овако конципирани часови одговарају јер су максимално ангажовани и до резултата долазе углавном самостално. Наравно, у групи увек има ангажованијих ученика. Овај час је претходно часу *Електронски омотач* тако да су на том часу обраде ученици лакше схватили како су електрони распоређени по нивоима и повезивали распоред електрона са положајем елемента у табlici Периодног система елемената.



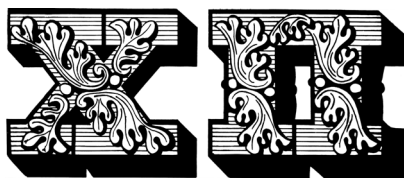
Abstract

THE MODEL OF STRUCTURE OF THE ATOM

Vasilije Planić

This text presents an approach to the elaboration of te-

aching theme The model of structure of the atom by methods of active learning.



## ПРИКАЗ УЏБЕНИКА

**Назив уџбеника:** *Контрола квалитета сировина и производа*

**Аутор:** Александра Перић-Грујић, доцент Технолошко-металуршког факултета Универзитета у Београду

**Издавач:** Завод за уџбенике, Београд

**Година:** 2008.

ISBN 978-86-17-15737-9

Уџбеник *Контрола квалитета сировина и производа* намењен је ученицима IV разреда средње школе образовног профила Техничар за индустријску фармацеутску технологију. Уџбеник се састоји из пет тематских целина. Написан је на 229 страна, садржи 16 слика, 43 табеле, 3 прилога и регистар најважнијих појмова.

Кроз прву тематску целину *Увод у контролу квалитета* ученици стичу знања о значају контроле квалитета у фармацеутској индустрији, као и о смерницама на којима се контрола квалитета заснива.

У оквиру тематске целине *Контрола квалитета сировина*, описане су методе и поступци узорковања, одређивања физичких својства лекова и одређивања карактеристичних константи. Такође су описана испитивања сировина животињског порекла, са посебним освртом на микробиолошку контролу квалитета.

Тематска целина *Контрола квалитета полупроизвода* пружа знања неопходна за одређивање параметара квалитета полупроизвода.

Садржај тематске целине *Контрола квалитета готових производа* конципиран је тако да ученици најпрестекну знања о фармацеутско-технолошким и биолошким поступцима који се примењују у циљу контроле квалитета готових производа, а затим да стечена знања примене и овладају техникама приликом испитивања раствора, ињекција, инфузија, суспензија, емулзија, лековитих масти, супозиторија, таблета, капсула и препарата који се дозирају у капима.

У оквиру целине *Испитивање материјала који се користе за израду амбалаже*, ученици се упознају са испитивањима материјала који се користе за израду амбалаже у фармацеутској индустрији и овладавају одговарајућим техникама рада.

На крају сваке тематске целине дати су: *Подсетник*, односно сажетак, у облику најважнијих теза везаних за обрађену област и *Провера знања*, тј. одговарајући број питања и задатака на основу којих ученици сами могу да процене у којој мери су савладали пређено градиво. Програмом предмета предвиђено је да се ученици, у оквиру сваке тематске целине, оспособе да врше и одговарајуће прорачуне.



## ВЕСТИ ИЗ СХД

IN MEMORIAM

### ПРОФ. ДР НИКОЛА БЛАГОЈЕВИЋ МАШТОВИТИ ИСТРАЖИВАЧ, ДАРОВИТИ ПРЕДАВАЧ, ХУМАНИСТА...

6. октобра 2008. године преминуо је др Никола Благојевић, редовни професор Технолошко-металуршког факултета у Београду. Његовом смрћу изгубили смо креативног научника, даровитог предавача и човека неисцрпне енергије.

Професор Никола Благојевић је рођен 1944. године у Београду. Дипломирао је на Технолошко-металуршком факултету 1967. године. По дипломирању запослио се у

Одељењу за технологију неметала Института за хемијска, технолошка и металуршка испитивања. За асистента на Катедри за неорганску хемијску технологију Технолошко-металуршког факултета је изабран 1969. године. Магистрирао је 1976. године, а докторирао 1983. године на истом факултету, када је изабран у звање доцента. У звање ванредног професора изабран је 1988. године, а за редовног професора 1999. године.

У оквиру наставне активности професор Никола Благојевић је реализовао предавања из предмета Технологија стакла, Сагоревање и индустријске пећи и учествовао у организацији предмета Пројекат са индустријском праксом у оквиру редовних студија. Био је ангажован на реализацији наставе на последипломским студијама за предмете који се односе на структуру и особине стакла, теоријске основе технологије стакла, процесе сагоревања и гасификације, пројектовање индустријских пећи и ватросталне материјале. Био је ментор великог броја дипломских радова, магистарских теза и докторских дисертација. Професора Николу Благојевића је красио јединствени предавачки таленат обogaћен непосредним контактом са студентима. На стимулативан начин, практичним примерима, је излагао сложену материју и тако олакшавао њено разумевање. Имао је изузетну моћ да подстакне младе људе на рад и да индукује у њима научни ентузијазам. Бринуо је о својим студентима годинама после њиховог дипломирања. Због тога ће успомена на његову изузетну личност, и као предавача и као педагога, бити сачувана кроз његове студенте и кандидате.



У свом научном и стручном раду професор Никола Благојевић се бавио истраживањима у области стакла и стаклених материјала, проблемима примене и супституције горива, уштедом енергије у индустријским процесима и еколошким аспектима рада индустријских пећи. Професор Никола Благојевић је дао значајан допринос у области специјалних оптичких стакала, нарочито светловодних влакана за примену у оптоелектроници. У оквиру ових истраживања био је руководилац послова на преносу лиценце за производњу оптичких стакала и руководилац истраживања за потребе оружаних снага. Заједно са колегама са Катедре учествовао је у бројним пројектима из области неорганске хемијске технологије. За колеге са којима је сарађивао подстрек ће бити сећање на његова креативна решења и идеје које су биле увек значајан корак напред у истраживањима. Своје колеге није сматрао само

сарадницима на неком послу, већ је имао разумевања за све њихове проблеме остварујући тако пријатељски однос. Имао је јединствени смисао за хумор и способност да олакша решавање тешких задатака.

Професор Никола Благојевић је учествовао од студентских дана у низу активности везаних за наставни, научно-истраживачки и друштвени рад на Факултету, за позицију универзитетског наставника и промоцију ТМФ-а. Био је члан Већа и Савета ТМФ у више мандата, продекан ТМФ, шеф Катедре за неорганску хемијску технологију, члан комисија Скупштине Универзитета и др.

зитета и др.

Велики део своје енергије уткао је у рад Српског хемијског друштва. Био је секретар и председник Секције за керамику СХД, члан Уређивачког одбора часописа "Хемијски преглед", члан Председништва и Управног одбора СХД и током десет година секретар Српског хемијског друштва. Целокупна та приврженост Друштву, делатности у доменима Друштва и однос са пријатељима и члановима Друштва остаће трајна успомена.

Професор Никола Благојевић је био секретар Извршног одбора Савеза хемичара и технолога Србије, члан Председништва и скупштине СХТС, председник Југословенске комисије за стакло и њен представник у Међународној комисији за стакло, члан Уређивачког одбора часописа "Ватростални материјали", члан и председник Комисије за референтне материјале у неорганској хемији Савезног завода за мере и драгоцене метале.

Изненадна смрт Николе Благојевића је велики губитак за Технолошко-металуршки факултет, за Српско хемијско друштво, за све оне који су га познавали, ценили и волели. Успомена на његову изузетну и инспиративну личност, као научника, педагога и човека биће сачувана у годинама које долазе у његовим студентима, колегама и пријатељима.

Снежана Грујић

## ЧЛАНАРИНА И ПРЕТПЛАТЕ ЗА 2009.

Управни одбор Српског хемијског друштва је, на седници која је одржана 23.октобра 2008. године, усвојио износе чланарине и претплате на часописе Друштва за 2009. годину. Ево тих износа

### Чланарине

- за запослене ..... 1.400  
 - за пензионере, студенте, незапослене..... 600  
 - за чланове у иностранству..... 40 еура  
 (непромењена у односу на 2008.)

### JSCS

- за запослене чланове ..... 2.000

- за пензионере, студенте и незапослене чланове ..... 850  
 - за институције ..... 12.000  
 - за чланове из иностранства..... 50 еура  
 - за нечланове и институције из иностранства..... 150 еура

### XП

- за школе и остале институције..... 3.000  
 - за институције из иностранства..... 50 еура

# САДРЖАЈ СВИХ БРОЈЕВА ЗА 2008. ГОДИНУ

## ЧЛАНЦИ

<b>Владимир ВУКОТИЋ, Ратко М. ЈАНКОВ</b> <i>Vladimir VUKOTIĆ, Ratko M. JANKOV</i> ЧОН ДАЛТОН, ЧОВЕК КОЈИ ЈЕ ХЕМИЈУ ПОСТАВИО „НА НОГЕ“ .....	2
<b>Константин И. ПОПОВ, Предраг М. ЖИВКОВИЋ</b> <i>Konstantin I. PPOV, Predrag M. ŽIVKOVIC</i> РАСПОДЕЛА СТРУЈЕ У ЕЛЕКТРОХЕМИЈСКИМ БЕЛИЈАМА <i>THE CURRENT DISTRIBUTION IN ELECTROCHEMICAL CELLS</i> .....	3
<b>Тања ЂИРКОВИЋ ВЕЛИЧКОВИЋ</b> <i>Tanja ĐIRKOVIĆ VELIČKOVIĆ</i> НОВЕ ФОРМЕ ИМУНОТЕРАПИЈЕ АЛЕРГИЈСКИХ ОБОЉЕЊА <i>NEW FORMS OF IMMUNOTHERAPIES OF ALLERGIC DISEASES</i> .....	7
<b>Бранко Ј. Дракулић</b> <i>Branco J. Drakulić</i> ОД 1Д ДО 3Д СТРУКТУРЕ МОЛЕКУЛА - ВИЗУАЛИЗАЦИЈА И ПРИМЕНА <i>FROM 1D TO 3D STRUCTURES OF MOLECULES - VISUALIZATION AND APPLICATION</i> .....	14
<b>Иван ГУТМАН, Мирјана ЂУРОВИЋ, Борис ФУРТУЛА</b> <i>Ivan GUTMAN, Mirjana ĐUROVIĆ AND Boris FURTULA</i> ЧУДО СВЕТОГ ЈАНУАРИУСА <i>THE MIRACLE OF SAINT JANUARIUS</i> .....	26
<b>Марија БАРАНАЦ СТОЈАНОВИЋ</b> <i>Marija BARANAC-STOJANOVIĆ</i> ТИАЗОЛИДИНИ И СИНТЕТИЧКИ АНАЛОЗИ: СИНТЕЗА, КАРАКТЕРИЗАЦИЈА И РЕАКТИВНОСТ <i>THIAZOLIDINES AND SYNTHETIC ANALOGES: SYNTHESIS, CHARACTERIZATION AND REACTIVITY</i> .....	28
<b>Ива КНЕЖЕВИЋ и Милица ГРОЗДАНОВИЋ</b> <i>Iva KNEŽEVIĆ and Milica GROZDANOVIĆ</i> ПРИМЕНА МАГНЕТНИХ ЗРНА У ОДВАЈАЊУ БЕЛИЈА <i>THE USE OF MAGNETIC BEADS IN CELL SEPARATION</i> .....	34
<b>Бојан ВУЈИЋ</b> <i>Bojan VUJIĆ</i> ШТА ДАЈЕ БОЈУ ЈАЈЕТУ? <i>WHAT GIVES A COLOR TO AN EGG?</i> .....	36
Посвећено 250-тој годишњици првог објављивања Бошковићеве "Теорије природне филозофије"	
<b>Драгослав СТОИЉКОВИЋ</b> <i>Dragoslav STOILJKOVIĆ</i> РУЂЕР БОШКОВИЋ - ПРЕТЕЧА САВРЕМЕНОГ СХВАТАЊА СТРУКТУРЕ АТОМА <i>ROGER BOSCOVICS - FORERUNNER OF MODERN ATOMIC THEORY</i> .....	54
<b>Мирјана РАШЕВИЋ</b> <i>Mirjana RAŠEVIĆ</i> ОБРАЗОВНИ СИСТЕМ: ПОДРШКА РЕХАБИЛИТАЦИЈИ РАЂАЊА У СРБИЈИ <i>PHENOMENON OF INSUFFICIENT CHILD BIRTH AND EDUCATION SYSTEM</i> .....	57
<b>Иван АНИЋИН, Иштван БИКИТ, Гергељ ШОТИ</b> <i>Ivan ANIĆIN, Istvan BIKIT, Gergej ŠOTI</i> ЗАШТО СУ НЕКИ АТОМИ СТАБИЛНИ А НЕКИ НИСУ? <i>WHY ARE SOME ATOMS STABLE AND SOME ARE NOT?</i> .....	61
<b>Рада БАОШИЋ</b> <i>Rada BAOSIĆ</i> РЕВЕРСНО-ФАЗНА ХРОМАТОГРАФИЈА, ПРИНЦИПИ И ПРИМЕНА У „ПРЕДВИЂАЊУ“ БИОЛОШКЕ АКТИВНОСТИ <i>REVERSED-PHASE CHROMATOGRAPHY, PRINCIPLE AND APPLICATION FOR "PREDICTION" OF BIOLOGICAL ACTIVITY</i> .....	64
<b>Александар БОЈИЋ</b> <i>Aleksandar BOJIĆ</i> СПЕЦИФИЧНЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ ВОДЕ И ЊИХОВ ЗНАЧАЈ <i>SPECIFIC WATER PROPERTIES AND ITS IMPORTANCE</i> .....	69
<b>Иван ГУТМАН</b> <i>Ivan GUTMAN</i> ОТКРИЋЕ ПОСЛЕДЊА ДВА НЕРАДИОАКТИВНА ХЕМИЈСКА ЕЛЕМЕНТА <i>DISCOVERY OF THE LAST TWO NON-RADIOACTIVE CHEMICAL ELEMENTS</i> .....	78
<b>Викторија МИХАЈЛОВ</b> <i>Viktorija MIHAJLOV</i> ОБОЉЕЊЕ МИАСТЕНИЈА ГРАВИС (Myasthenia gravis) <i>MYASTHENIA GRAVIS</i> .....	80
<b>Јадранка ОДОВИЋ, Мирјана АЛЕКСИЋ, Јасна ТРБОЈЕВИЋ-СТАНКОВИЋ</b> <i>Jadranka ODOVIĆ, Mirjana ALEKSIĆ, Jasna TRBOJEVIĆ-STANKOVIĆ</i> ХРОМАТОГРАФСКЕ МЕТОДЕ: ВИСОКО-ЕФИКАСНА ТЕЧНА И ТАНКОСЛОЈНА ХРОМАТОГРАФИЈА <i>THE CHROMATOGRAPHY METHODS: HIGH PERFORMANCE LIQUID CHROMATOGRAPHY AND THIN LAYER CHROMATOGRAPHY</i> .....	84
<b>Милош К. МИЉЧИЋ, Снежана Д. ЗАРИЋ</b> <i>Miloš K. MILČIĆ, Snežana D. ZARIĆ</i> КРАТКА ИСТОРИЈА ПОЈМА АРОМАТИЧНОСТИ <i>SHORT HISTORY OF AROMATICITY CONCEPT</i> .....	87
<b>Бранко Ј. ДРАКУЛИЋ</b> <i>Branco J. DRAKULIĆ</i> КАКО ИЗГЛЕДА ФАЈЛ КОЈИ ОПИСУЈЕ 3Д СТРУКТУРУ МОЛЕКУЛА? <i>HOW THE 3D MOLECULAR RECORD LOOKS LIKE?</i> .....	91
<b>Тамара ГОДОРОВИЋ</b> <i>Tatara TODOROVIĆ</i> О ПАКОВАЊУ У КРИСТАЛИНИМ СТРУКТУРАМА <i>CRYSTAL PACKING</i> .....	102
<b>Иван ГУТМАН, Душица СИМИЈОНОВИЋ, Зорита ПЕТРОВИЋ, Јована КРМАР</b> <i>Ivan GUTMAN, Dušica SIMIJOVIĆ, Zorica PETROVIĆ and Jovana KRMAR</i> МИРИС РУЖЕ <i>THE FRAGRANCE OF ROSE</i> .....	107
<b>Милош К. МИЉЧИЋ, Снежана Д. ЗАРИЋ</b> <i>Miloš K. MILČIĆ and Snežana D. ZARIĆ</i> „ТИПОВИ“ АРОМАТИЧНОСТИ <i>"TYPES" OF AROMATICITY</i> .....	110
<b>Воня ПЕТРОВИЋ</b> <i>Voin PETROVIĆ</i> ЕТНОФАРМАКОЛОГИЈА - ХЕМИЈСКИ ФОЛКЛОР СВЕТА <i>ETHNOPHARMACOLOGY - CHEMICAL FOLKLORE OF THE WORLD</i> .....	126
<b>Милош К. МИЉЧИЋ и Снежана Д. ЗАРИЋ</b> <i>Miloš K. Milčić and Snežana D. Zarić</i> КРИТЕРИЈУМИ ЗА КАРАКТЕРИЗАЦИЈУ АРОМАТИЧНОСТИ <i>CRITERIA FOR CHARACTERIZATION OF AROMATICITY</i> .....	131
<b>Константин ИЛИЈЕВИЋ и Иван ГРЖЕТИЋ</b> <i>Konstantin ILIJEVIĆ, Ivan GRŽETIĆ</i> Дугоперијни органски загађивачи (POPs) <i>PERSISTENT ORGANIC POLLUTANTS (POPS)</i> .....	137
<b>ВЕСТИ ИЗ ШКОЛЕ, ВЕСТИ ЗА ШКОЛЕ</b> Љубиша ВАСОВИЋ, Александар В. ТЕОДОРОВИЋ, Јелена ЂУРЂЕВИЋ, Иван ГУТМАН <i>Ljubiša VASOVIĆ, Aleksandar V. TEODOROVIĆ, Jelena ĐURĐEVIĆ, Ivan GUTMAN</i> ПОЈАМ ХЕМИЈСКОГ ЕЛЕМЕНТА У ОСНОВНОЈ ШКОЛИ <i>THE CONCEPT OF CHEMICAL ELEMENT IN ELEMENTARY SCHOOL</i> .....	21
<b>Јелена МИЛАНОВИЋ</b> <i>Jelena MILANOVIĆ</i> СЦЕНАРИО ЗА НАСТАВНУ ЈЕДИНИЦУ: ЕСТЕРИ <i>SCENARIO FOR THE THEME: ESTERS</i> .....	40
44. РЕПУБЛИЧКО ТАКМИЧЕЊЕ ИЗ ХЕМИЈЕ ЗА УЧЕНИКЕ ОСНОВНИХ ШКОЛА .....	73
XLIV РЕПУБЛИЧКО ТАКМИЧЕЊЕ ИЗ ХЕМИЈЕ УЧЕНИКА СРЕДЊИХ ШКОЛА .....	74
<b>Даринка ШКОРИЋ</b> <i>Darinka ŠKORIĆ</i> ВОДА. ЗНАЧАЈ ВОДЕ ЗА ЖИВИ СВЕТ <i>WATER. THE IMPORTANCE OF WATER FOR LEAVING BEINGS</i> .....	93
ПРОПОЗИЦИЈЕ ЗА ТАКМИЧЕЊЕ ИЗ ХЕМИЈЕ УЧЕНИКА СРЕДЊИХ ШКОЛА ЗА ШКОЛСКУ 2008/09. ГОДИНУ .....	95
<b>Вера МУЖДЕКА</b> <i>Vera MUŽDEKA</i> СЦЕНАРИО ЗА ЧАС: ЗАКОН СТАЛНИХ МАСЕНИХ ОДНОСА <i>TEACHING THEME: LAW OF CONSTANT COMPOSITION</i> .....	116
ПРОПОЗИЦИЈЕ ЗА ТАКМИЧЕЊЕ ИЗ ХЕМИЈЕ УЧЕНИКА ОСНОВНИХ ШКОЛА ЗА ШКОЛСКУ 2008/09. ГОДИНУ .....	117
ШКОЛСКЕ УПРАВЕ СА ОКРУЗИМА .....	119
<b>Василије ПЛАНИЋ</b> <i>Vasilije PLANIĆ</i> СЦЕНАРИО ЧАСА: „МОДЕЛ СТРУКТУРЕ АТОМА“ <i>THE MODEL OF STRUCTURE OF THE ATOM</i> .....	146
<b>ХЕМИЈА НА ИНТЕРНЕТУ</b> Александар ДЕКАНСКИ, Владимир ПАНИЋ, Драгана ДЕКАНСКИ Српски хемијски блогови и форуми <i>Chemical Forums (http://www.chemicalforums.com/)</i> .....	41
Претраживање литературе X .....	98
Претраживање литературе X .....	120
<b>ВЕСТИ ИЗ СХД</b> In Memoriam – Академик СЛОБОДАН В. РИБНИКАР, ПОЧАСНИ ЧЛАН ДРУШТВА ФИЗИКОХЕМИЧАРА СРБИЈЕ .....	24
<b>In memoriam:</b> Драгутин М. Дражић .....	43
Извештај о раду XLVI Саветовања Српског хемијског друштва .....	44
Извештај о раду Српског хемијског друштва у 2007. години .....	46
Обележена је тридесетогодишњица оснивања Хемијског друштва Војводине .....	76
Одржан је 19. семинар АПРИЛСКИ ДАНИ .....	76
In memoriam - Смиљана Голубовић (1949-2008) .....	100
„КРЕАТИВНО УЧЕЊЕ ХЕМИЈЕ“, летња школа хемије на Тари .....	122
Није отпад свака амбалажа, научи шта је рециклажа! .....	122
Прво такмичење за трофеј СРЕБРНИ ЕРЛЕНМАЈЕР .....	124
111 година СРПСКОГ ХЕМИЈСКОГ ДРУШТВА, Свечана скупштина .....	124
<b>IN MEMORIAM</b> Проф. др Никола Благојевић Маштовити истраживач, даровити предавач, хуманиста .....	147
Чланарина и претплате за 2009. .....	148
<b>ПРИКАЗ КЊИГЕ</b> <b>Александар КОСТИЋ</b> Инжењеринг заштите животне средине - основи инжењеринга - уклањања постојећег загађења .....	45
<b>ПРИКАЗ УЏБЕНИКА</b> <b>Александра Перих-Грујић</b> Контрола квалитета сировина и производа .....	147