

# **ХЕМИЈСКИ ПРЕГЛЕД**

год. 51

бр. 3 (јун)

YU ISSN04406826

UDC 54.001.93

# ХЕМИЈСКИ ПРЕГЛЕД CHEMICAL REVIEW



Годиште 51

број 3  
јун

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

Volume 51  
NUMBER 3  
(June)

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, Јелена Радосављевић  
и Воин Петровић

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

УРЕЂИВАЧКИ ОДБОР

Иван Гутман, Снежана Зарић, Јован Јовановић, Славко  
Кеврешан, Драган Марковић, Радо Марковић, Владимир  
Павловић, Радомир Саичић, Живорад Чековић (пред-  
седник).

Годишња чланарина, укључује часопис „Хемијски преглед“,  
за 2010. годину износи:  
- за запослене..... 1.400,00  
- за пензионере, студенте, ђаке и незапослене.....600,00  
- претплата за школе и остале институције.....3.000,00  
- за чланове и 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.rs/hp/>  
e-mail редакције: [hcmpr\\_ed@chem.bg.ac.rs](mailto:hcmpr_ed@chem.bg.ac.rs)

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

Штампа: РИЦ графичког инжењерства Технолошко-  
металуршког факултета Београд, Карнегијева 4

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

## САДРЖАЈ

### ЧЛАНЦИ

Бранислав НИКОЛИЋ  
*Branislav NIKOLIĆ*

ТИТАН, ОКСИДИ, ЕЛЕКТРОКАТАЛИЗА И  
СУПЕРКАПАЦИТИВНОСТ  
*TITANIUM, OXIDES, ELECTROCATALYSIS,*  
*SUPERCAPACITANCE* ..... 58

Владимир ПРОКОПОВИЋ, Горан ТОМИЋ  
*Vladimir PROKOPOVIĆ, Goran TOMIĆ*

НОБЕЛОВА НАГРАДА ЗА ХЕМИЈУ 2009:  
Структура и функција рибозома  
*THE NOBEL PRIZE IN CHEMISTRY 2009. STRUCTURE AND*  
*FUNCTION OF THE RIBOSOME- The key to life at the*  
*atomic level* ..... 67

Милена СПАСИЋ  
*Milena SPASIĆ*

ЗЕЛЕНИ ФЛУОРЕСЦЕНТНИ ПРОТЕИН – БЛИСТАВА ЗВЕЗДА  
МОДЕРНЕ БИОХЕМИЈЕ  
*GREEN FLUORESCENT PROTEIN - A SHINING STAR OF MODERN*  
*BIOCHEMISTRY* ..... 71

### ХЕМИЈА У ШКОЛИ

46. РЕПУБЛИЧКО ТАКМИЧЕЊЕ ИЗ ХЕМИЈЕ ЗА УЧЕНИКЕ  
ОСНОВНИХ ШКОЛА ..... 74  
XLVI РЕПУБЛИЧКО ТАКМИЧЕЊЕ ИЗ ХЕМИЈЕ УЧЕНИКА  
СРЕДЊИХ ШКОЛА ..... 75

### ВЕСТИ ИЗ СХД

НОВЕ ВЕСТИ ИЗ КЛУБА МЛАДИХ ХЕМИЧАРА СРБИЈЕ ... 76  
ИЗВЕШТАЈ О РАДУ СРПСКОГ ХЕМИЈСКОГ ДРУШТВА  
У 2009. ГОДИНИ ..... 77



## УВОДНИК

Поред добрих чланака из разних области хемије, што нам је приоритет, овај број је крцат различитим извештајима. Стога овај Уводник почињемо са набрајањем свих тих извештаја.

Управо је завршено Републичко такмичење из хемије ученика основних и средњих школа, 46. по реду, у организацији Српског хемијског друштва и Министарства просвете Републике Србије. Последњих неколико година организација такмичења подељена је у два дела: део који се односи на основне школе и део такмичења за средњошколце. Републичко такмичење из хемије за ученике основних школа, одржано је од 21. до 23. маја 2010. године у Новом Саду, у просторијама ОШ „Коста Трифковић“. Републичко такмичење из хемије за ученике средњих школа одржано је у Крушевцу од 21. до 23. маја 2010. Ученици су показали одличне резултате, а одлични домаћини су обезбедили добре услове за такмичење. Извештаје о оба ова такмичења, са резултатима и табелама, погледајте у *Весџима из школе*. Честитамо свим најуспешнијим ученицима и њиховим професорима и школама.

Традиционално 48. саветовање Српског хемијског друштва одржано је на Технолошком факултету Универзитета у Новом Саду од 17. до 18. априла 2010. године. На скупу, на којем су изложени оригинални радови из области хемије, хемијске технологије и металургије, присуствовало је око 350 учесника. Детаљан извештај о овој манифестацији можете наћи у рубрици *Весџи из СХД*.

Најобимнији извештај у овом броју је Извештај о раду Српског хемијског друштва у 2009. години који је такође штампан у рубрици *Весџи из СХД*. Овај Извештај поднео је је **Бранко Дуњић**, секретар СХД на Годишњој скупштини, 18. априла 2010. године. Увек је добро осврнути се и погледати шта смо претходно радили. Зато је добро када о томе постоји и белешка, јер смо склони да многе ствари заборавимо чим их успешно окончачмо. Овај извештај нас подсећа шта смо сви заједно урадили током прошле године, а, видећете из текста, да то није мало.

\* \* \*

Време заиста лети, што смо старији, све брже. Ове године су одржани двадесет и први Априлски дани за професоре хемије, 6. и 7. априла у организацији Српског хемијског друштва и Хемијског факултета у Београду. Семинару је присуствовало више од 280 регистрованих учесника. На основу извештаја Организационог одбора, семинар је оцењен као успешан. Извештај о овом догађају овог пута нећемо публиковати, пошто је сувише много извештаја за један број *Хемијској џрејледа*. Тако ћемо неке од коментара и информација поделити са вама у неком од наредних бројева ХП.

\* \* \*

Први чланак у овом броју је предавање које је одржао колега **Бранислав Николић** на Свечаној скупштини СХД 9. децембра 2008. године, поводом додељивања Медаље за трајан и изванредан допринос науци за 2007. годину. Аутор је садржај предавања прилагодио за објављивање у *ХП*. У чланку под насловом “Титан, оксиди, електрокатализа и суперкапацитивност” су описана, у основним цртама, својства електродног материјала на бази титанског супстрата и активне превлаке од мешаних оксида титана, рутенијума и иридијума, као и композитног материјала сачињеног од угљеничног праха и оксида рутенијума. Пошто се у оригиналном раду колеге Николића налази обиман материјал који није могао стати у штампану верзију чланка, молимо вас да тескт из ХП комбинуете са материјалом који се налази на електронској адреси (додатна објашњења и бројне слике) и који је у PDF формату слободно доступан на Интернету.

\* \* \*

Два преостала чланка у овом броју су из области биохемије. У чланку “Нобелова награда за хемију 2009: Структура и функција рибозома” аутори **Владимир Прокоповић**, **Горан Томић** приказују зашто је Нобелова награда за хемију за прошлу годину додељена баш Венкатраману Рамакришнану (Venkatraman Ramakrishnan), Томасу А. Стејцу (Thomas A. Steitz) и Ади Е. Јонат (Ada E. Yonath) за њихова истраживања на пољу тродимензионалне структуре рибозома и њихове функције.

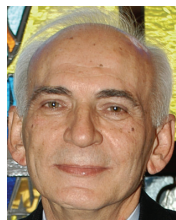
Фузионисање зеленог флуоресцентног протеина из медузе *Aequorea victoria* (који има особину да емитује зелену светлост) са многим протеинима и ензимима, методама молекуларног клонирања, омогућило је научницима да “виде” дотад невидљиве процесе, попут ширења ћелија рака или развоја можданих ћелија. О томе пише **Милена Спасић** у свом занимљивом чланку “Зелени флуоресцентни протеин – блистава звезда модерне биохемије”.

\* \* \*

И на крају, **подсећање и молба!** Канцеларија СХД је 21. маја упутила електронски допис члановима СХД, јер велики број чланова СХД није платио чланарину за ову годину. Подсећамо вас да вашом чланарином омогућавате лакши рад СХД и редовно излагање *Хемијској џрејледа* и стога вас **молимо да намирите своју чланарину и помогнете рад свог стручног удружења**, које нажалост има много финансијских проблема.

Наравно, захваљујемо се свим члановима који су већ уплатили чланарине и претплате за 2010. годину и молимо све оне чланове који то још нису учинили да уплату чланарине и претплате за 2010. годину изврше што пре.

Ратко М. Јанков



Бранислав НИКОЛИЋ, *Технолошко-металушки факултет Универзитета у Београду, Карнегијева 4, П.П. 3503, 11120 Београд (e-mail: bane@tmf.bg.ac.rs)*

## ТИТАН, ОКСИДИ, ЕЛЕКТРОКАТАЛИЗА И СУПЕРКАПАЦИТИВНОСТ<sup>а)</sup>

*Описана су, у основним цртама, својства електропроводног материјала на бази титанског сулфидног и активне превлаке од мешаних оксида титана, рутенијума и иридијума, као и композиционог материјала сачињеног од угљеничног праха и оксида рутенијума. Приказане су карактеристике превлаке од мешаног (бинарног и тројног) оксида електрокаталитички активних у неким анодним реакцијама и превлаке од оксида титана, које показују фотоелектрокаталитичку активност у реакцијама оксидације органских молекула, као и композиционо високе вредности каталитичности, добијених сол-гел поступком. Комениструју се морфологија и њихова електрохемијска понашања са аспекта електрокатализе и стабилности у реакцијама анодног издвајања хлора и кисеоника, каталитичних карактеристика и фотоелектрохемијске катализе оксидације бензил алкохола. Електрохемијске карактеристике испитиваних оксидних превлака добијених сол-гел поступком поређене су са карактеристикама превлака добијених уобичајеним термичким поступком конверзије хлорида метала у оксиде и показане вредности сол-гел поступка.*

### УВОД

Електроактивне превлаке, у основи од оксида племенитих метала, нанете на погодну подлогу, у неколико последњих деценија широко се примењују у више области индустријске електрохемије. У електрохемијској производњи хлора (и хидроксида) и хлората данас се искључиво користе аноде од титана пресвучене превлаком на бази мешаног оксида рутенијума и титана [1,2], а такве аноде се масовно користе и у катодној заштити од корозије [3]. Оне могу да се примене и у електрооксидацији органских једињења [4,5] и као кисеоничне аноде у електрохемијским процесима таложења метала [6]. Сам хидратисани  $\text{RuO}_2$  (уствари је нестехиометријски оксид  $\text{RuO}_x\text{H}_y$ , али се ради једноставности означава са  $\text{RuO}_2$ ) показује у киселим срединама високу вредност капацитивности, што га сврстава у материјале врло погодне за електрохемијске суперкондензаторе [7,8].

Титан припада класи такозваних „вентил“ („valve“) метала, који пропуштају једносмерну струју само у једном смеру. Кроз титан пролази катодна струја, али не и анодна. Узрок оваквог понашања је то што се на површини титана већ на собној температури у ваздушној атмосфери формира слој  $\text{TiO}_2$ , који је полупроводник n-типа са широком забрањеном зоном и проводношћу од  $0,83 \Omega^{-1} \text{cm}^{-1}$  у катодном смеру, док је у анодном непроводан. Ово значи да се на титану (уствари на  $\text{TiO}_2$ ) не одигравају анодне реакције, што му даје изванредну корозиону постојаност, те се титан изузетно широко примењује - од хемијске индустрије до медицине (и као биолошки материјал).  $\text{TiO}_2$  се формира у кристалној модификацији рутила или анатаза и, у мањој мери, брукита, при чему прве две кристалише као тетрагонална структура (слика 1А, додатни материјал), а трећа има орторомбичну решетку. Загревањем анатаз и брукит прелазе у рутил.

$\text{RuO}_2$  је најстабилнији оксид рутенијума. Карактеристике га висока, метална проводност ( $2-3 \times 10^4 \Omega^{-1} \text{cm}^{-1}$ ), а кристалише као рутил у тетрагоналној структури (слика 1Б, додатни материјал) са параметрима решетке сличним онима за  $\text{TiO}_2$ . Изоморфност ова два оксида омогућава добијање мешовитог, двојног, нестехиометријског оксида, који тек на температурама преко  $1200^\circ \text{C}$  добија карактеристике чврстог раствора. Превлака од оваквог двојног оксида показује проводност реда величине  $10 \Omega^{-1} \text{cm}^{-1}$  (за садржај  $\text{RuO}_2$  већи од 30 mol %) и изванредну постојаност у агресивним срединама. Постојаност у основи потиче од  $\text{TiO}_2$ , а  $\text{RuO}_2$  обезбеђује проводност, значајну електрокаталитичку активност за одигравање анодних процеса, као и високу вредност капацитивности [9].

### ФОРМИРАЊЕ И ОСНОВНО КАРАКТЕРИСАЊЕ АКТИВНЕ ПРЕВЛАКЕ НА ТИТАНУ

У пракси се уобичајено превлака на титанској основи формира термичким поступком, који се заснива на термичкој конверзији хлорида племенитих метала и титана на површини титана у одговарајуће оксиде, односно мешовити оксид [9]. Површина титана се

<sup>а)</sup> Предавање, које је одржано на Свечаној скупштини Српског хемијског друштва 9. децембра 2008. године поводом додељивања Медаље за трајан и изванредан допринос науци за 2007. годину, прилагођено је за *Хемијски преглед*.



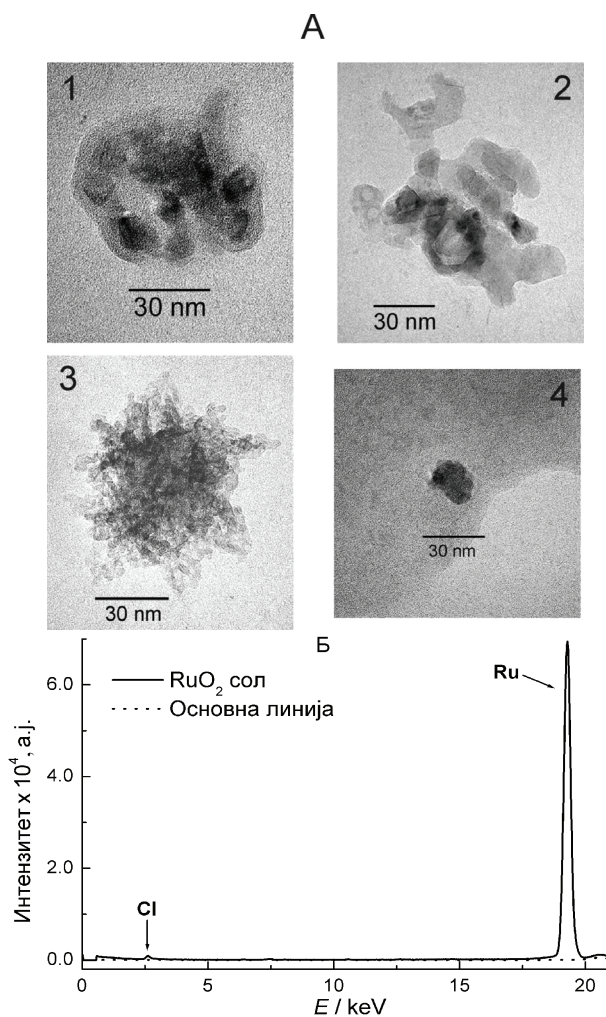
претходно припрема механичким одстрањивањем оксида (пескарењем), одмашћивањем (раствором NaOH у етил-алкохолу) и нагризањем (оксалном или хлороводоничном киселином), и на њу се потом наносе (премазивањем, потапањем или напрскавањем)  $\text{TiCl}_4$  и  $\text{RuCl}_4$  из раствора у 2-пропанолу. Следи сушење (температура  $50\text{--}70\text{ }^\circ\text{C}$ ) и загревање на температуру од око  $400\text{ }^\circ\text{C}$  у ваздушној атмосфери, чиме се хлориди конвертују у оксиде на површини титана. Фазе наношења раствора и термичког третмана се понављају док се не постигне потребна количина превлаке (обично око  $1\text{ mg cm}^{-1}$ ). Завршна калцинација аноде изводи се на  $460\text{ }^\circ\text{C}$  током  $60\text{ min}$ , чиме се постиже висок степен кристалности двојног оксида и добра адхезија превлаке. Добијена анода показује изванредне електрохемијске карактеристике [10], али је у истраживачкој пракси предмет сталног испитивања у настојању да се модификацијом описаног поступка формирања даље побољшавају њена својства.

Једна од модификација поступка формирања аноде је примена сол-гел поступка. Сол-гел поступци добијања материјала са честицама nm величине, произашли из развоја колоидне хемије, данас су основе „нано технологија“. Величина, облик и „паковање“ честица боље се контролишу у сол-гел поступцима него у поступцима таложења (односно термичког третмана) из раствора.

Прва фаза поступка је формирање солова  $\text{RuO}_2$  и  $\text{TiO}_2$ . Стабилни неоргански солови се могу добити [11,12] форсираном хидролизом врло киселог раствора ( $6\text{ M HCl}$ )  $\text{TiCl}_3$ , односно  $\text{RuCl}_3$ , уз рефлукс на температури кључања. Трајање хидролизе одређује величину честица чврсте фазе сола, што је један од кључних фактора века трајања превлаке формиране одговарајућим солом. На слици 2 приказане су ТЕМ (трансмисиона електронска микроскопија) снимци солова  $\text{RuO}_2$  и  $\text{TiO}_2$  добијених за различита времена старења, као и EDXRFS (енергетски диспергована флуоресцентна спектроскопија) спектар  $\text{RuO}_2$  сола, из којих се виде облици и величине честица чврсте фазе (слика 2А), односно потпуност конверзије хлорида у оксид током формирања сола (слика 2Б). Смеша оба сола за наношење на титанску основу је такође задовољавајуће стабилности (неколико месеци).

$\text{RuO}_2$  солови се могу добити и хидролизом алкоксида рутенијума [13]. Полази се од  $\text{RuCl}_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ , растворених у етанолу. Раствор се под рефлуксом и у атмосфери азота загрева на температуру кључања (око  $76\text{ }^\circ\text{C}$ ) па му се додаје етанолни раствор натријум-етоксида (20 % масених) и реакциона смеша држи под тим условима током 1 h. Хидролизом (заостала вода у реакционој смеси) настали етоксид метала се одвоји, испере дестилованом водом (уклањање насталог NaCl) и након сушења ( $120\text{ }^\circ\text{C}$  током 24 h) суспендује у етанолу у ултразвучном купатилу. Добијена суспензија је довољно стабилна током наношења на титанску основу.<sup>а)</sup>

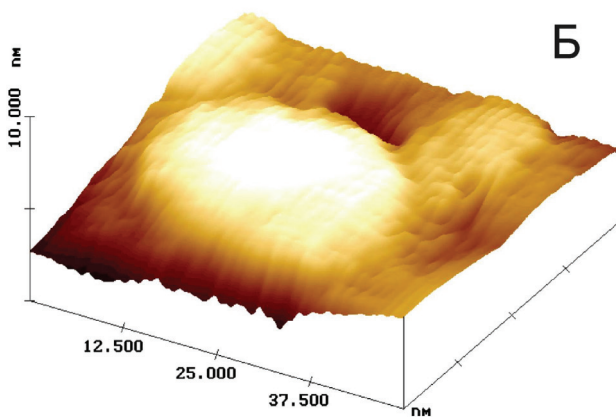
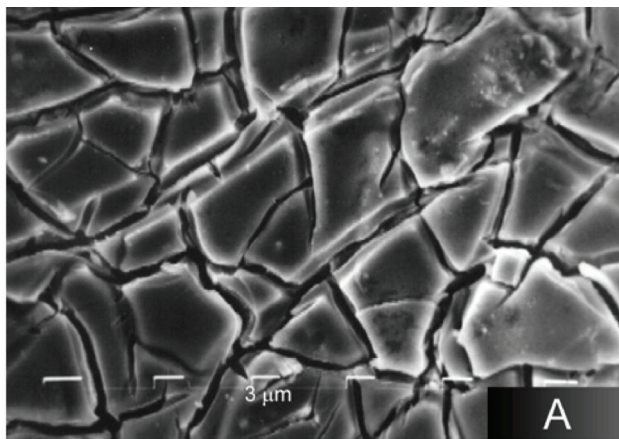
<sup>а)</sup> За овај поступак наношења активне превлаке у електрохемијској литератури користи се и назив „Ink Procedure“.



Слика 2. А: ТЕМ фотографије солова  $\text{RuO}_2$  (1 и 2; време старења 30, односно 94 h) и  $\text{TiO}_2$  (3 и 4; време старења 15, односно 30 h); Б: EDXRFS спектар  $\text{RuO}_2$  сола.

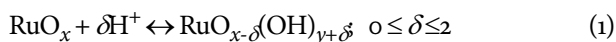
Смеша солова (односно суспензија) оксида наноси се премазивањем на титанску основу која се претходно припрема на исти начин као за поступак термичке конверзије, а и термички третман је сличан [14]. Током сушења (температура  $70\text{ }^\circ\text{C}$ ) оксидна превлака пролази кроз фазу гела да би се на температури за вршне калцинације од  $450\text{ }^\circ\text{C}$  потпуно везала за основу. Слика 3 показује SEM (скенирајућа електронска микроскопија) и STM (скенирајућа тунелска микроскопија) фотографије површине добијених анода, односно њихове нано-структуре, док су на слици 4 (додатни материјал) приказани дифрактограми (X-зрачења) оксида добијених на температури калцинисања од  $450\text{ }^\circ\text{C}$  [11].

Види се да се превлака састоји од честица које се агломеришу у виду „острва“ са пукотинама између њих, одређујући њену макропорозност. Јасно изражени дифракциони максимуми указују на дефинисану кристалну (рутилну) структуру оксида у њој.

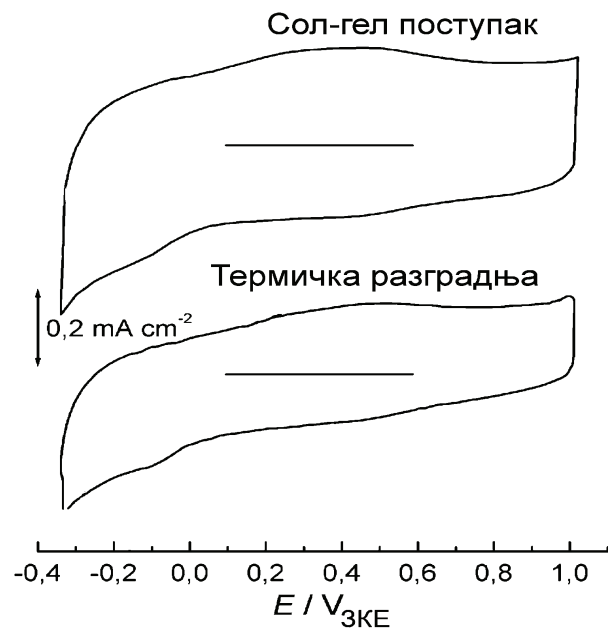


Слика 3. SEM (А) и STM (Б) фотографије површине превлаке анода.

Основну електрохемијску карактеристику описа не морфологије превлаке показује циклична волтаметрија. На слици 5 приказани су циклични волтамограми сол-гел и термичке активне превлаке у хлоридном раствору; практично исти волтамограми региструју се и у перхлоратном раствору, као и у сумпорној киселини. Низ редокс процеса везаних за јон рутенијума у опсегу потенцијала између издвајања водоника и хлора (односно кисеоника) одражава се кроз више струјних пикова преклопљених у један широки, најизразитији у опсегу потенцијала  $0,2-0,5 V_{ЗКЕ}$ . Они су уствари редокс прелази активне површинске рутенијумске честице у којима учествује и протон; збирно се могу представити релацијом [7,10]:



Одигравање оваквих мешовитих електронско-протонских прелаза одређује псеудокапацитивно понашање, тј. пуњење/пражњење система  $RuO_2$ /електролит у складу са релацијом (1), које укључује и капацитивност двојног слоја (типична вредност за границу фаза електрода-електролит је  $30-50 F g^{-1}$ ) до могуће вредности од  $\approx 1100 F g^{-1}$ , и чини  $RuO_2$  врло добрим материјалом за електрохемијске кондензаторе високе капацитивности - суперкондензаторе. Таква електрохемијска активност хидратисаног  $RuO_2$  чини га и до-



Слика 5. Циклични волтамограми анода добијених сол-гел и термичким поступком у  $0,5 M H_2SO_4$  при брзини промене потенцијала  $50 mV s^{-1}$ .

брим електрокатализатором за одигравање низа анодних реакција.

Слика 5 показује веће вредности струја за сол-гел аноду у односу на термичку; последично, и већу вредност количине наелектрисања, односно капацитивности, а тиме већу електрохемијски активну површину. С обзиром на то што је у обе превлаке активна оксидна честица иста, намеће се закључак да узрок томе треба тражити у морфологији превлаке, односно правилнијим честицама мешаног оксида добијеним сол-гел поступком, као и њиховом равномернијем паковању. Основни фактор морфологије је облик и величина честица у превлаци, што је свакако последица величине честица у солу оксида, односно времена старења сола.

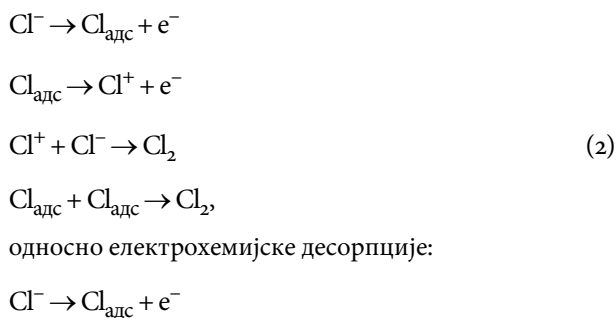
Анализа циклично-волтаметријских мерења (зависност циклично-волтаметријског одзива од брзине промене потенцијала) даје могућност да се повежу морфолошка и основна електрохемијска својства превлаке. Слика 6 (додатни материјал) приказује количине наелектрисања добијене из цикличних волтамограма сол-гел превлаке у функцији времена старења солова из којих је формирана превлака [12]. Укупна количина наелектрисања,  $q_t$ , је збир доприноса унутрашњости електрохемијски активне површине превлаке (микропорозност),  $q_u$ , и доприноса спољашње површине која је директно изложена електролићу,  $q_s$ . Очигледно је да је оптимално време старења  $RuO_2$  сола  $35-40 h$ , са величином честица  $\approx 15 nm$  (слика 2), док се за  $TiO_2$  који је старио  $\approx 30 h$  добијају правилне честице величине  $\approx 20 nm$ . За дужа времена старења оне би постале врло крупне, што би водило доминацији његовог садржаја у превлаци и препокривању активног  $RuO_2$ .

## РЕАКЦИЈА АНОДНОГ ИЗДВАЈАЊА ХЛОРА

Хлорна индустрија, с обзиром на то што су њени производи (хлор, хидроксид, водоник) врло важни за хемијску индустрију глобално, од првих хлор-алкалних електролиза (крај 19. века) до данас, једна је од најзначајнијих производних технологија у хемијској процесној индустрији; производњом хлора се исказује степен развијености хемијске индустрије. У свету се сада производи око  $40 \times 10^6$  тона хлора, односно око  $46 \times 10^6$  тона електролитичког хидроксида (углавном NaOH, а у знатно мањој мери и KOH) годишње. Помењута производња годишње утроши око 120 TWh електричне енергије.<sup>а)</sup> Производња хлора и хидроксида је у другој половини прошлога века јако нарасла, што је условљено развојем петрохемијске индустрије и велике лепезе производа органских синтеза, укључујући полимере и раствараче (око 60 % потрошње хлора и око 50 % потрошње хидроксида), индустрије папира и целулозе (око 15 % потрошње хлора и исто толико хидроксида), неорганских синтеза (такође око 15 % потрошње хлора и око 12 % потрошње хидроксида), текстилне индустрије (око 10 % потрошње хидроксида), као и производње глинице и алуминијума (такође 10 % потрошње хидроксида).

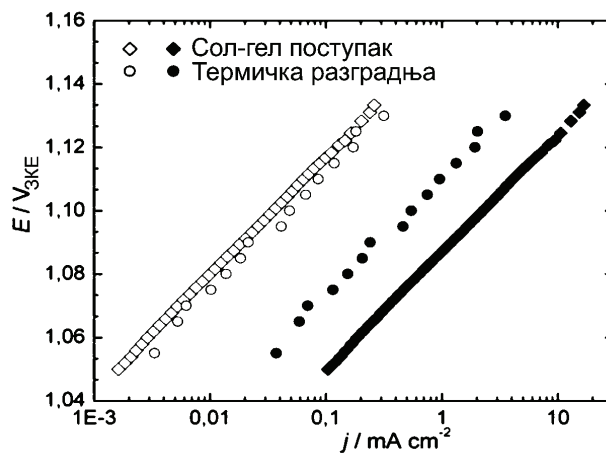
У последњим деценијама прошлог века дошло је до драстичног технолошког унапређења хлор-алкалне електролизе. У производњу су уведене титанске аноде са знатно бољим електрокаталитичким својствима од, до тада искључиво употребљаваних, графитних.<sup>б)</sup> Осим уштеде електричне енергије од 15-20 % (при радним густинама струје индустријских електролизера) због бољих поларизационих карактеристика, ефектнијег одвајања мехурова гаса са површине и више радне температуре електролита, титанске аноде остају непроменљивих димензија током експлоатације (графит се оксидише и троши), што олакшава рад и одржавање постројења.

Захваљујући малој вредности Тафеловог (Tafel) нагиба (нагиба поларизационе криве), 30 – 40 mV (слика 7), радне густине струје се могу повећавати без драстичног повећавања утрошка електричне енергије. Ове вредности нагиба за реакцију издвајања хлора одговарају механизму рекомбинације [15]:



<sup>а)</sup> Поређења ради, у Србији се укупно годишње производи са инсталисаних 8,3 MW снаге, око 40 (ХЕ „Бердап“ око 7, ТЕ „Никола Тесла“, Обреновац око 16) TWh електричне енергије, а троши око 38 TWh.

<sup>б)</sup> Изван предмета овог текста су друга технолошки остварена изванредна унапређења постигнута на комерцијалном (увођење мембранских електролизера) или експерименталном (кисеонична катода, чврсти полимерни електролити) нивоу.



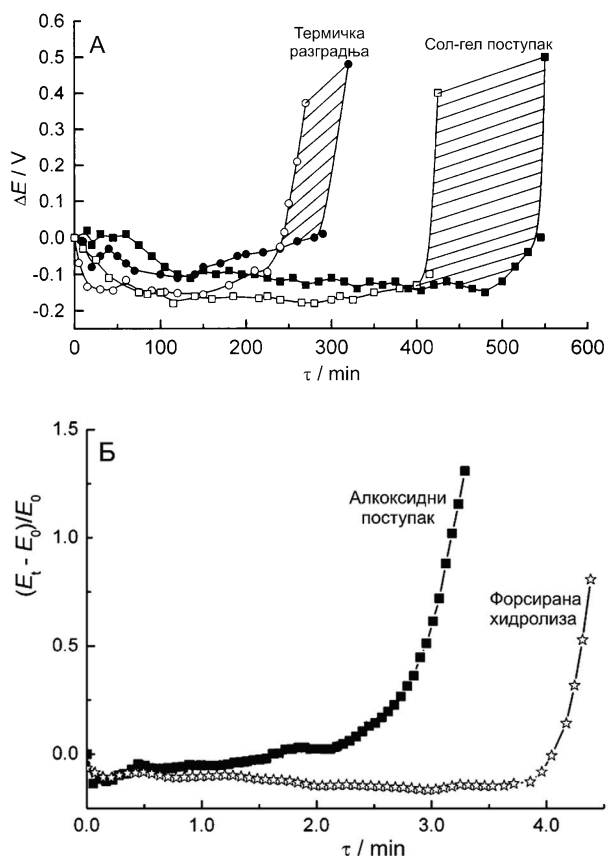
Слика 7. Поларизационе криве за реакцију издвајања хлора анода добијених термичким и сол-гел поступком. Пуне симболе: мерење вредности струје и потенцијала; празни симболе: нормализоване вредности струје (мерене вредности подељене количинама наелектрисања добијеним из цикличних волтамограма).

Слика 7 показује да већу електрокаталитичку активност (на коју осим самог чина преноса наелектрисања кроз границу фаза електрода/електролит утичу и други фактори као што су стање површине, адсорпциони ефекти и друго) показује анода формирана сол-гел поступком у односу на формирану термичким поступком, а да су исте вредности Тафеловог нагиба (што указује на то да је механизам реакције издвајања хлора исти). Оба запажања се могу и очекивати, с обзиром на то што је код обе аноде активна честица иста - RuO<sub>2</sub>. Разлика у активности анода, слично разлици у количинама наелектрисања (слика 5), отуда треба да се припише ефекту морфологије превлака.

Век трајања анода у експлоатацији је такође кључно својство за практичну примену. На слици 8А приказани су резултати убрзаног теста стабилности, којим се прати промена потенцијала аноде у условима оштријим (0,50 M NaCl, pH 2, 2 A cm<sup>-2</sup>, 20 °C) него што су услови индустријске експлоатације у хлор-алкалним електролизама [16,17]. То су уствари услови анодног издвајања кисеоника у којима превлака брже губи активност (поготову због велике густине струје) него током одигравања реакције анодног издвајања хлора. Нагли пораст потенцијала означава крај радног века аноде, односно тренутак када је активна превлака „потрошена“. Очигледна је значајно већа трајност аноде добијене сол-гел поступком, која се у основи може приписати правилнијим честицама мешаног ок-



сида добијених сол-гел поступком у односу на термички, што опет указује на значај морфологије превлаке. На слици 8Б упоређена је трајност сол-гел аноде добијене из неорганског сола и аноде добијене алкоксидним поступком [18]. Иако анода добијена из неорганског сола показује дужи век трајања, када се узме у обзир количина активне превлаке (еквивалентна дебелини превлаке), произилази да алкоксидни поступак даје трајнију аноду, односно омогућава боље искоришћење активног материјала, што је значајна информација с обзиром на то што је рутенијум племенити метал.



Слика 8. Убрзани тест стабилности за аноде добијене термичким и сол-гел (неоргански сол) поступком (А) и аноде формиране са неорганским солом и из алкоксидне суспензије (Б).

Слика 9 (додатни материјал) показује ефекат старења сола на стабилност, односно век трајања превлаке [12]. Види се да је оптимално време старења  $\text{RuO}_2$  сола око 40 h, а да сол  $\text{TiO}_2$  треба да стари бар 30 h, што је у складу са резултатима добијеним за електрохемијску активност приказаним на слици 6 (додатни материјал). Дужа времена старења сола  $\text{TiO}_2$  и његове крупније честице (па и већи садржај) у превлаци својим изолаторским својствима са аспекта анодних процеса, неповољно утичу на активност превлаке.

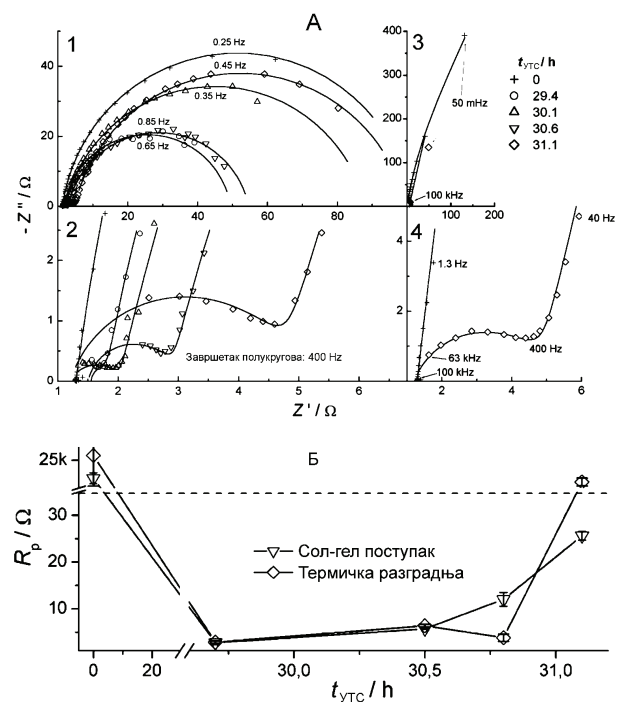
## ДЕАКТИВАЦИЈА АНОДЕ

Зависност потенцијала од времена у убрзаном тесту стабилности слично изгледа за обе врсте анода.

Међутим, упоређивање брзине пораста потенцијала у временима почетка губљења активности превлаке, као што показује слика 10 (додатни материјал) указује на разлику у понашању термичке и сол-гел аноде, што наговештава различит механизам губитка активности [16]. Циклични волтамограми анода снимљени након теста, слика 11(додатни материјал) у поређењу са онима на слици 6 (додатни материјал) имају сасвим различита обележја.

Сол-гел анода показује знатно мање вредности струја (тј. количине наелектрисања, односно капацитивности), што значи да се током теста (значи експлоатације) растворио (изгубио) активни  $\text{RuO}_2$  из превлаке, док је термичка анода задржала ово својство, али знатно већи нагиб волтамограма указује на пораст отпорности, а то може да буде само услед нагомилавања непроводног  $\text{TiO}_2$ . Растварање  $\text{RuO}_2$  код сол-гел аноде равномерно се одиграва од површине превлаке ка међуфази подлога/превлака. Код термичке аноде кључни фактор губитка активности је доминација  $\text{TiO}_2$ , и то у међуфази превлака/подлога услед чега расте отпорност и слаби електрични контакт подлога-превлака, односно расте потенцијал [14].

Исти закључак се намеће и из резултата добијених спектроскопијом електрохемијске импеданције, приказаним на слици 12 [16].



Слика 12. Дијаграми у комплексној равни за сол-гел и термичким поступком формирану аноду (А) и зависност отпорности превлаке од времена трајања убрзаног теста стабилности (Б).

Полупречници полукругова на дијаграмима у комплексној равни (слика 12А) који су индикатори активности електроде, указују на то да је сол-гел анода активнија од термичке на почетку теста. Током теста полукругови се померају ка већим фреквенцијама, по-



лупречник за сол-гел аноду се повећава (смањује се активност), док код термичке остаје практично исти. Вредност отпорности за термичку аноду је за око 3 реда величине (слика 12Б), већа него за сол-гел на крају теста, због повећаног садржаја  $\text{TiO}_2$  у превлаци. Тиме се потврђује генерални закључак да сол-гел поступак обезбеђује не само трајније аноде од термичког, него је и искоришћење рутенијума боље (за ову карактеристику превлаке добијене алкоксидним путем показале су се најбоље).

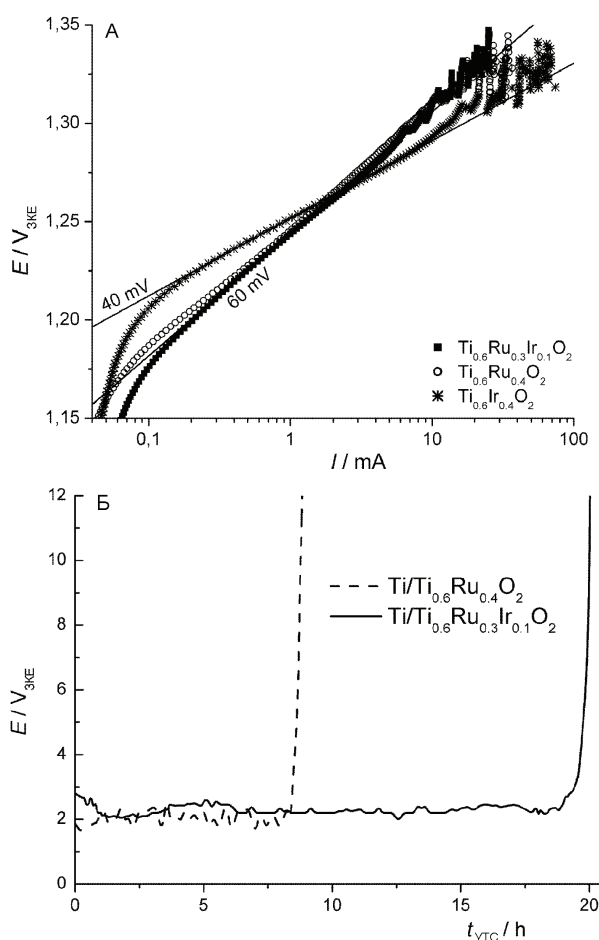
## КАТОДНА ЗАШТИТА ОД КОРОЗИЈЕ

$\text{RuO}_2/\text{TiO}_2$  аноде формиране термичким поступком комерцијално се примењују као аноде у катодној заштити од корозије [3]. Иако превлаке показују краћи век трајања у условима издвајања кисеоника (него хлора), с обзиром на то што су им поларизационе карактеристике изванредне, струје у процесу катодне заштите од корозије мале, а и техничка реализација релативно једноставна, примена  $\text{RuO}_2/\text{TiO}_2$  анода је економски оправдана. И овако добра својства могу се побољшати. Сол-гел поступак формирања је један од начина побољшања, а додатни повољан ефекат се постиже уградњом оксида иридијума у превлаку. Оксид иридијума је познат електрокатализатор за реакцију издвајања кисеоника и у тројној оксидној превлаци  $\text{RuO}_2/\text{IrO}_2/\text{TiO}_2$  „преузима“ реакцију издвајања кисеоника, док бинарна оксидна смеша  $\text{RuO}_2/\text{TiO}_2$  обезбеђује стабилност превлаке.

На слици 13, упоређене су поларизационе карактеристике и убрзани тест стабилности аноде са таквом тројном превлаком и аноде са превлаком од бинарног оксида [19]. Веће струје показују да је тројна превлака активнија, а Тафелов нагиб од 60 mV је карактеристичан за  $\text{IrO}_2$  и одговара „оксидном“ реакционом путу издвајања кисеоника [20]. Очигледна је такође предност тројне превлаке са аспекта стабилности, те укупно узев, она представља такорећи идеалан анодни материјал за примену у катодној заштити од корозије.

## КОМПОЗИТ УГЉЕНИК/ХИДРАТИСАНИ ОКСИД РУТЕНИЈУМА

Капацитивност електрохемијског кондензатора одређена је својствима двојног слоја и карактеристикама фарадејског (Faraday) процеса на граници фаза чврсто (електрода)/течно (електролит). Отуда капацитивност кључно зависи од стварне површине електроде, битне за оба ова фактора. Развој нових (нано)технологија добијања различитих материјала омогућио је синтезу материјала који знатно превазилазе карактеристике стандардних кондензаторских материјала у погледу складиштења електричне енергије и снаге коју могу да испоруче, па их у томе смислу карактерише висока супер(ултра)капацитивност. Међу таквим материјалима је композит који чине различити угљенични прахови (површине 100-2000  $\text{m}^2 \text{g}^{-1}$ ) и оксиди неких метала, од којих је  $\text{RuO}_2$ , са реално постигнутом вредношћу псеудокапацитивности од  $\approx 750$



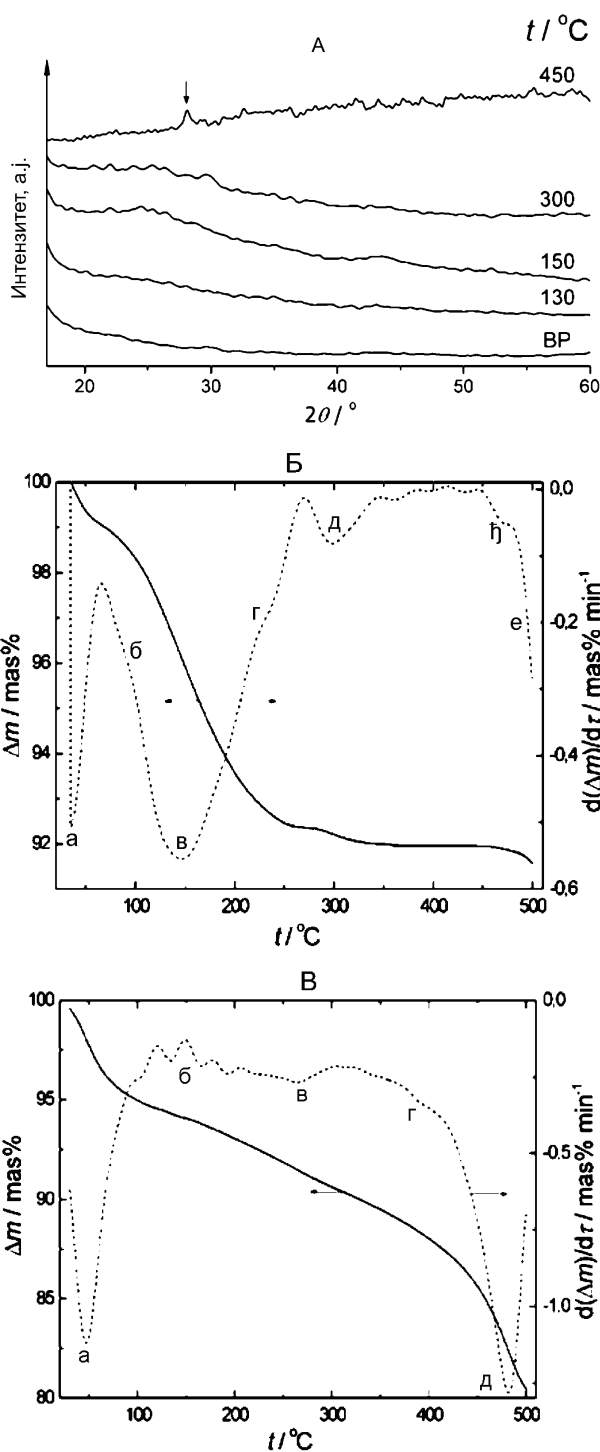
Слика 13. Поларизационе криве превлаке од  $\text{RuO}_2/\text{IrO}_2/\text{TiO}_2$  и  $\text{RuO}_2/\text{TiO}_2$  (А) и њихов убрзани тест стабилности (Б) у раствору  $\text{NaCl}$ .

$\text{g}^{-1}$ , један од најбољих за примену у суперкондензаторима [8].

У формирању испитиваног композита, у суспензију комерцијалног угљеничног праха („Black Pearls 2000“ - ознака ВР и „Vulcan XC-72R“ - ознака ХС, површине 1475, односно 248  $\text{m}^2 \text{g}^{-1}$ ) и 0,20 М раствору  $\text{HCl}$ , додаван је сол  $\text{RuO}_2$  и смеша третирана у ултразвучном купатилу. Процес импрегнације праха соллом траје око 30 min, па се након одвајања течне фазе, талог композита суши (110  $^\circ\text{C}$ , 24 h) и термички третира у атмосфери азота током 2 h [8].

Слика 14 приказује резултате основног физичко-хемијског карактерисања композита. Мада дифрактограми ренденског зрачења указују на доминантност аморфне структуре и композита и угљеничног субстрата ВР (слика 14А), пик ниског интензитета на  $2\theta$  углу од  $\approx 27^\circ$  потврђује присуство кристала  $\text{RuO}_2$  рутилне структуре у композиту.

Термогравиметријска (слика 14Б) и диференцијална термогравиметријска крива (слика 14В) за супстрат указују на отпаривање воде адсорбоване из атмосфере и лако испарљивих органских молекула обично присутних на површини угљеничног праха на температурама до 100  $^\circ\text{C}$  (област а-б), док се у области



Слика 14. Дифрактограми (X-зрачења) угљеничног супстрата VP и композита  $\text{VP}/\text{RuO}_x\text{H}_y$  (А) и одговарајуће термогравиметријске, односно диференцијалне термогравиметријске криве (Б и В).

г–е дешавају процеси отпаривања и разградње већих површинских органских и кисеонично-органских група. Код композита је интензивнији губитак масе до температуре  $100^\circ\text{C}$  (слика 14В), а процеси на вишим температурама спорији. Вредности губитка масе до температуре  $100^\circ\text{C}$  одговарају губитку једног молекула воде из кристалохидрата  $\text{RuO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ , а на температурама

изнад ове, осим тога што је разградња органских група отежана због присуства честица оксида, хидратисани  $\text{RuO}_2$  губи још један молекул воде.

Оксидни агломерати у облику острва раздвојених пукотинама, потпуно покривају честице супстрата па је на макро нивоу изглед композита сличан изгледу превлаке на титану (слика 3А).

Финија структура морфологије композита приказана је на слици 15 (додатни материјал) [21]. Језгра агломерата оксидних честица су уствари честице супстрата; честице агломерата, па отуда и они сами, су по величини нехомогене (између  $2$  и  $20 \mu\text{m}$ ) и зрна нису јасно дефинисана, мада су агломерати релативно правилног сферног облика.

Аспект капацитивности је кључно електрохемијско својство композита, о којој циклична волтаметрија даје основне информације. Циклични волтамограм композита (и ХС супстрата), слика 16 (додатни материјал) са широким струјним пиком, показује практично исту структуру као и циклични волтамограми активне оксидне превлаке (слика 5), што се и очекује с обзиром на то да су површински редокс процеси (релација (1)) везани за исту честицу.

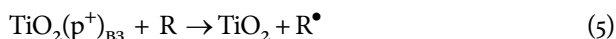
Утицај температуре термичког третмана композита на капацитивност композита показује слика 17 (додатни материјал) [8]. Кључни пораст доприноса унутрашњости композита ( $C_x$  и укупне капацитивности,  $C_T$ ) дешава се у температурном опсегу  $130$ – $150^\circ\text{C}$ , када се завршава процес губитка воде у гел фази и оксиду (слика 14Б и 14В). Унутрашња активна површина композита се тада “отвара” јер је гел фаза прешла у чврсту оксидну фазу на површини угљеничних зрна и електролит продира ка унутрашњости композита, што за последицу има повећање капацитивности у порама, док допринос “спољашње” површине остаје практично непромењен ( $C_c$ ). На основу овакве интерпретације може се представити и физички модел пора, слика 18 (додатни материјал) [2].

Расподела капацитивности у порама, израчуната из података добијених спектроскопијом електрохемијске импеданције показује супротан ефекат времена старења сола него у случају активне превлаке на титану. Укрупњавање честица оксида са повећањем времена старења сола води затварању пора, опадању капацитивности и порасту отпорности у порама композита. Пошто агломерати оксида “прате” зрна супстрата, порозност композита, па и капацитивност, повезани су и са површином супстрата. Отуда је композит са ХС супстратом врло порозан и повећање укупне капацитивности композита у односу на тај супстрат је приближно четири пута мање него за компактнији  $\text{RuO}_x\text{H}_y/\text{VP}$  композит, за који је добијена вредност  $\approx 700 \text{ F g}^{-1}$ .

## ФОТОЕЛЕКТРОКАТАЛИТИЧКА СВОЈСТВА $\text{TiO}_2$

Титан-оксид је познат фотокатализатор за низ органских реакција, и у воденим срединама и у органским растварачима. Његова каталитичка активност

под дејством светлости веће енергије од ширине забрањене зоне у реакцијама оксидације потиче од ексцитације електрона из валентне зоне, односно повећања популације електрона у проводној зони због прелаза из валентне зоне, при чему у њој остају позитивне празнине, које бивају попуњене електронима реактанта адсорбованог на површини осветљеног  $\text{TiO}_2$  [22,23]:



Уколико у систему постоји и реактант који се може редуковати, реакција (4) помера се у десну страну, а тиме повећава реактивност осветљеног  $\text{TiO}_2$ . Фотокалатитичка ефикасност  $\text{TiO}_2$  повећава се и ако се у електричном (електрохемијском) колу његов потенцијал подеси тако да се ексцитовани електрони „троше“ у спољашњем делу кола компензујући наметнути потенцијал, што је суштина фотоелектрокаталитичког деловања.

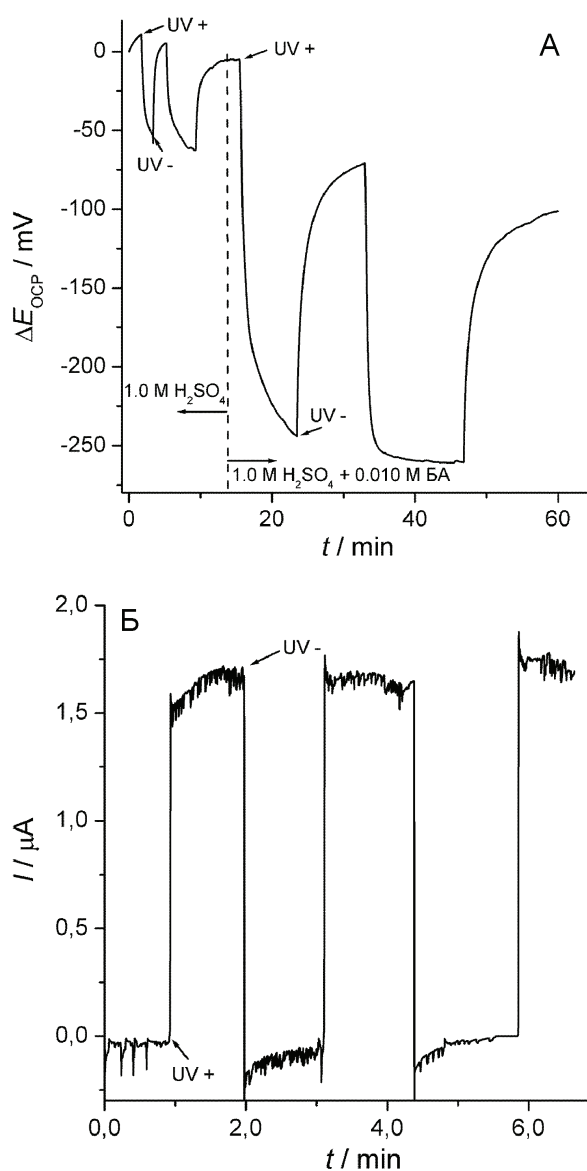
На слици 19 илустрован је каталитички ефекат постигнут осветљавањем електроде  $\text{TiO}_2/\text{Ti}$ , чија је оксидна превлака формирана сол-гел поступком са соллом добијеним хидролизом киселог раствора  $\text{TiCl}_3$ , у реакцији оксидације бензил-алкохола [23].

Потенцијал отвореног кола позитивира се осветљавањем ултраљубичастом светлошћу ( $\lambda = 356 \text{ nm}$ , снага извора  $2 \times 8 \text{ W}$ ) за преко  $200 \text{ mV}$ , а струја оксидације на потенцијалу  $0.20 \text{ V}_{\text{ЗКЕ}}$  има мерљиву вредност. Честице  $\text{TiO}_2$  су у овој превлаци углавном у анатаз кристалној структури (која показује већу фотоелектрокаталитичку активност од рутила). Оне, као што показује слика 20 (додатни материјал) формирају агломерате релативно правилних сферних облика до нанантне величине  $\approx 100 \text{ nm}$ . Активне честице су крупније него у бинарном оксиду, што је за фотокалатитичку активност вероватно мање значајно него утицај разуђености површине на директно електрохемијско понашање бинарног (и тројног) оксида.

## УМЕСТО ЗАКЉУЧКА

Циљ текста је био да се као преглед прикажу резултати добијени у вишегодишњем испитивању проводних оксидних материјала са аспекта њихове примене у електрохемијским системима. С обзиром на то што је област истраживања електрокаталитичких и капацитивних својстава нано материјала врло разграната, намера је била и да се, кроз приказ и коментаре једног сегмента везаног за добијање (сол-гел поступком) и карактеризацију (морфолошку и електрохемијску)  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{RuO}_2$  и  $\text{IrO}_2$ , односно њихових комбинација, укаже на још увек широк простор за побољшање тих својстава и могућности примене таквих материјала.

Аутору се чини потребним да напомене да у тексту ове врсте није било могуће улазити у детаље коришћених техника и потпунија објашњења регистрованих феномена. Жеља је била да научни и стручни



Слика 19. Временска зависност потенцијала отвореног кола (А) и струјне промене за  $\text{TiO}_2/\text{Ti}$  електроду (Б) у одсуству и присуству ултраљубичастог зрачења. Електролит:  $1,0 \text{ M H}_2\text{SO}_4 + 0,010 \text{ M}$  бензил-алкохол.

ниво текста буде такав да га може пратити шири аудиторијум са елементарним познавањем електрохемијских принципа, а релативно обимна литература омогућава заинтересованијим читаоцима да се потпуније информишу о изнетој проблематици.

## ДОДАТНИ МАТЕРИЈАЛ

Овај текст прати додатни материјал, и који је у PDF формату слободно доступан на адреси <http://hemija.chem.bg.ac.rs/home.htm>. У том материјалу приказане су и слике: 1. Кристална решетка  $\text{TiO}_2$  (А) и  $\text{RuO}_2$  (Б); 4: дифрактограми (X-зрачења) (а)  $\text{TiO}_2$ , (б)  $\text{RuO}_2$  и (в) бинарног оксида добијених на температури од  $450^\circ\text{C}$ ; 6. Зависност укупне количине наелектри-

сања  $q_f$ , доприноса пора превлаке  $q_u$  и доприноса спољашње површине  $q_s$  од времена старења  $\text{RuO}_2$  (А) и  $\text{TiO}_2$  (Б) сола; 9. Зависност времена губитка активности превлаке од времена старења  $\text{RuO}_2$  (А) и  $\text{TiO}_2$  (Б) сола; 10. Брзина пораста потенцијала аноде добијене сол-гел (○) и термичким поступком (■) током убрзаног теста стабилности; 11. Циклични волтамограми анода добијених сол-гел и термичким поступком 0,5 М  $\text{H}_2\text{SO}_4$  при брзини промене потенцијала 50  $\text{mV s}^{-1}$  након завршеног убрзаног теста стабилности; 15. SEM фотографије ВР и ХС угљеничних супстрата (А и Б) и одговарајућих композита са  $\text{RuO}_x\text{H}_y$  (В и Г); 16. Циклични волтамограм угљеничног супстрата ХС и композита ХС/ $\text{RuO}_x\text{H}_y$  у 0,5 М  $\text{H}_2\text{SO}_4$  при брзини промене потенцијала од 20  $\text{mV s}^{-1}$ ; 17. Зависност укупне капацитивности,  $C_T$ , доприноса пора превлаке,  $C_U$ , и доприноса спољашње површине,  $C_S$ , од температуре термичког третмана композита ВР/ $\text{RuO}_x\text{H}_y$ ; 18. Модел поре композита и расподела капацитивности и отпорности у порама композита добијених са  $\text{RuO}_x\text{H}_y$  сол-гелом различитог времена старења ( $n$  је број грана, односно итерација, везаних за еквивалентно електрично коло којим је симулисано импедансно понашање композита); 20. AFM (скенирајућа атомска микроскопија) фотографија површине  $\text{TiO}_2/\text{Ti}$  фотоактивне електроде (А) и расподела честица оксида у превлаци по величини (Б).

**Захвалности:** Истраживања описана у овом раду финансирао је Министарство (Републике Србије) за науку и технолошки развој. Пројекти 1230 и 142061.

Како је текст који сте прочитали везан за доделу Медаље Српског хемијског друштва за трајан и изванредан допринос науци, аутор сматра да треба да се захвали (осим студентима, дипломцима и последипломцима) и колегама који су му током више деценија кључно помагали да заслужи ово признање. То су најпре „учитељи“: Александар Деспић, Милан Јакшић, Ernest Yeager, Драгутин Дражић који су га увели у електрохемијску науку, затим у већој или мањој мери „ученици“: Мирослав Спасојевић, Недељко Крстајић, Александар Декански, Владислава Јовановић; Радослав Атанасоски, Радослав Адић, Игор Кадија, са којима је од „младић“ дана савлађивао истраживачка знања; Страхиња Зечевић, Снежана Гојковић, Тања Видаковић, Слободан Милоњић, Весна Мишковић-Станковић, са којима је аутор сарађивао или сарађује у новије време.

Посебну захвалност заслужио је Владимир Панић, који је од „дипломских“ дана, преко магистратуре и доктората, до израстања у признатог „електрохемичара“ остао поуздан и квалитетан сарадник, заслужан за описане резултате (па и припрему Предавања и изнетог текста).

## Abstract

TITANIUM, OXIDES, ELECTROCATALYSIS, SUPER-CAPACITANCE

Branislav NIKOLIĆ

Faculty of Technology and Metallurgy, University of Belgrade, Karnegijeva 4, P.O. Box 3503, 11120 Belgrade, Serbia

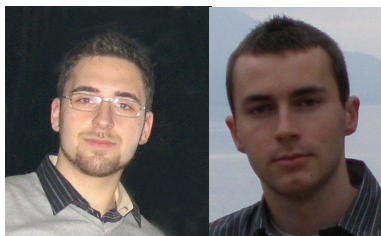
The aim of the text is to describe in basic features the morphology and electrochemical behavior of electrode material formed with titanium as the substrate and electrocatalytic coating based on the oxide of titanium, ruthenium and iridium, as well as the characteristics of composite material made of carbon powder and ruthenium oxide. The electrocatalytic characteristics of mixed (binary and ternary) oxide coating active in some anodic processes (chlorine and oxygen evolution), photoelectrocatalytic behavior of titanium oxide as the active coating for the oxidation of benzyl alcohol and capacitive characteristics of composite, formed by the sol-gel procedure, are shown. The importance of the structure and morphology of active oxides from the standpoint of electrochemical activity and stability is discussed. The electrochemical characteristics of these, sol-gel produced, anodes are compared to anodes formed by common procedure with thermal conversion of metal chlorides into oxides and the advantages of sol-gel procedure are demonstrated.

## ЛИТЕРАТУРА

1. A. Dekanski, *Magistarski rad*, Centar za multidisciplinarne studije, Univerzitet u Beogradu, Beograd, 1988
2. Vladimir Panić, *Doktorska disertacija*, Tehnološko-metalurški fakultet, Univerzitet u Beogradu, Beograd, 2005
3. Industrie De Nora, <http://www.denoralettrodi.com/products/lida.asp>
4. Ch. Comninellis, G. P. Vercesi, *J. Appl. Electrochem.* **21** (1991) 335
5. V. V. Panić, A. B. Dekanski, T. R. Vidaković, V. B. Mišković-Stanković, B. Jovanović, B. Ž. Nikolić, *J. Solid State Electrochem.* **9** (2005) 43
6. G. Mengoli, M. Musiani, *J. Electrochem. Soc.* **134** (1987) 643C
7. B. Conway, *Electrochemical Supercapacitors – Scientific Fundamentals and Technological Applications*, Plenum Publishers, New York, 1999.
8. V. Panić, T. Vidaković, S. Gojković, A. Dekanski, S. Milonjić, B. Nikolić, *Electrochim. Acta* **48** (2003) 3789
9. S. Trasatti, W. E. O'Grady, u: *Advance in Electrochemistry and Electrochemical Engineerings Vol. 12*, H. Gerisher, A. Tobias Eds., Wiley & Sons Inc., New York 1982, p. 177
10. S. Trasatti, u: *Interfacial Electrochemistry – Theory, Experiment and Applications*, A. Wieckowski, Ed., Marcel Dekker Inc., New York, 1999, p. 769
11. V. Panić, A. Dekanski, S. Milonjić, R. Atanasoski, B. Nikolić, *Colloids Surfaces A* **157** (1999) 259
12. V. Panić, A. Dekanski, S. Milonjić, R. Atanasoski, B. Nikolić, *Electrochim. Acta* **46** (2000) 415
13. V. V. Panić, A. B. Dekanski, S. K. Milonjić, V. B. Mišković-Stanković, B. Ž. Nikolić, *Russ. J. Electrochem.* **42** (2006) 1173



14. V. M. Jovanović, A. Dekanski, P. Despotov, B. Ž. Nikolić, R. T. Atanasoski, *J. Electroanal. Chem.* **339** (1992) 147
15. L. Krishtalik, u: *Comprehensive treatise of electrochemistry* Vol. 7, B. Conway, J. Bockris, E. Yeager, S. Khan, R. White, Eds., Plenum press, New York 1983, p. 87
16. Panić, A. Dekanski, V. B. Mišković-Stanković, S. Milonjić, B. Nikolić, *J. Electroanal. Chem.* **579** (2005) 67
17. N. Krstajić, V. Jović, B. Bilen, Z. Nikolić, *Zaštita Materijala* **35** (1994) 12
18. V. V. Panić, A. B. Dekanski, S. K. Milonjić, V. B. Mišković-Stanković, B. Ž. Nikolić, *J. Serb. Chem. Soc.* **71** (2006) 1173
19. V. V. Panić, B. Ž. Nikolić, *J. Serb. Chem. Soc.* **72** (2007) 1393
20. N. Krstajić, *Doktorska disertacija*, Tehnološko-metalurški fakultet, Univerzitet u Beogradu, Beograd, 1988.
21. V. Panić, A. Dekanski, S. Gojković, S. Milonjić, V. B. Mišković-Stanković, B. Nikolić, *Mater. Sci. Forum* **494** (2005) 235
22. W. H. Wang, Z. Zhang, J. Q. Zhang, C. N. Cao, *J. Phys. Chem. B* **109** (2005) 15008
23. V. V. Panić, S. I. Stevanović, V. B. Mišković-Stanković, B. Ž. Jovanović, B. Ž. Nikolić, *J. Serb. Chem. Soc.* **73** (2008) 1211.



Владимир ПРОКОПОВИЋ, Горан ТОМИЋ, Хемијски факултет, Универзитет у Београду; vprokopovic@gmail.com, gorant@ymail.com

## НОБЕЛОВА НАГРАДА ЗА ХЕМИЈУ 2009: СТРУКТУРА И ФУНКЦИЈА РИБОЗОМА

Нобелова награда за хемију за 2009. годину додељена је Венкатраману Рамакришнану (*Venkatraman Ramakrishnan*), Томасу А. Стајцу (*Thomas A. Steitz*) и Ади Е. Јонат (*Ada E. Yonath*) за њихова истраживања на пољу тродимензионалне структуре рибозома и њихове функције.



**Слика 1.** Добитници Нобелове награде за хемију 2009. године. Лево: Венкатраман Рамакришнан (*Venkatraman Ramakrishnan*), Велика Британија; средина: Томас А. Стајц (*Thomas A. Steitz*), Сједињене Америчке Државе; Ада Е. Јонат (*Ada E. Yonath*), Израел.

Почетком двадесетог века молекулске основе живота су и даље представљале непознаницу. Данас се зна како на молекулском нивоу функционишу процеси најзначајнији за живу ћелију. Године 2009. Нобелова награда за хемију додељена је за одређивање структуре рибозома на атомском нивоу. Рибозом представља мулти-молекулску фабрику ћелије на којој се информација садржана у ДНК и преписана на иРНК преводи у протеине. Протеини (грч. πρωτοζ-први)

имају у живим системима две битне и различите улоге: они представљају структурни материјал и показују карактеристичну активност и функцију.

### Централна доџа молекуларне биологије

Генетска информација се у живим системима чува у секвенци, односно редоследу нуклеотида ДНК (деоксирибонуклеинска киселина). Велики део ове секвенце садржи информацију о синтези и контроли синтезе протеина који имају важну улогу у правилном функционисању и одржању хомеостазе (равнотеже) у ћелији. Да би се протеин синтетисао потребно је да се ДНК транскрибује (препише) у иРНК (информациону рибонуклеинску киселину), а потом се иРНК транслатира (преведе) у одговарајућу полипептидну секвенцу коју чине тачно одређене аминокиселине међусобно повезане пептидном везом. Овакав полипептид, који се после синтезе најчешће додатно модификује, представља потпуно функционалан протеин. Пут од ДНК преко иРНК до протеина назива се *централна доџа молекуларне биологије* (Crick 1970). Најједноставнији приказ основне схеме централне догме молекуларне биологије:

ДНК (ген) → иРНК → секвенца пептида (протеин)

Генетска информација "записана" у ДНК чува се кроз генерације тако што се геном приликом деобе ћелије реплицира (Watson и Crick 1953). На овај начин обе новонастале ћерке ћелије носе идентичну генетску информацију. За транскрипцију ДНК у иРНК неопходан је ензим РНК полимеразе. Транслација – синтеза полипептида коришћењем информације коју носи

иРНК могућа је само у рибозому. Рибозом је хелијска органела која се састоји од протеина и рибонуклеиских киселина и чија је примарна функција синтеза полипептида.

Свака иРНК се састоји од рибонуклеотида које изграђују четири базе: А (аденин), С (цитозин), G (гуанин) и U (урацил). Комбинација три суседна рибонуклеотида на иРНК назива се кодон и он једнозначно кодира за једну аминокиселину. Свака од 20 аминокиселина која се може наћи у протеину кодирана је комбинацијом три суседна рибонуклеотида у иРНК. Када рибозом препозна кодон долази до "позивања" одговарајуће аминокиселине коју тај кодон означава. Како се рибозом помера низ иРНК он препознаје суседне кодоне и на основу њиховог редоследа позива одговарајуће аминокиселине. На тај начин се редослед база, односно кодона на иРНК, преводи у редослед аминокиселина у протеину.

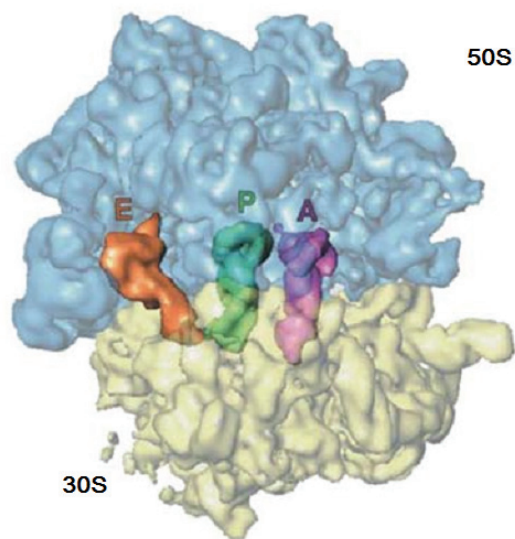
Веза између иРНК и редоследа аминокиселина у полипептиду је тРНК (транспортна РНК) која транспортује тачно одређену аминокиселину до рибозома. тРНК у својој секвенци носи триплет нуклеотида комплементарних кодону на иРНК и овај триплет се назива антикодон. Комплементарност, односно међусобно препознавање кодона и антикодона омогућава тачно одређен редослед аминокиселина које граде растући полипептидни ланац.

## СТРУКТУРА РИБОЗОМА

Бактеријски рибозом (70S) састоји се од мале (30S) и велике (50S) субјединице. Молекулска маса мале субјединице је око 800 kDa, а велике око 1500 kDa. S означава Сведбергову јединицу (Svedberg) брзине седиментације, док је kDa еквивалент јединици молекулске масе од  $1000 \text{ g mol}^{-1}$ . Мала, 30S субјединица састоји се од 20 различитих протеина и једне 16S рРНК (рибозомална РНК). Велика, 50S рибозомална субјединица изграђена је од 33 различита протеина и две рРНК, 23S рРНК и 5S рРНК. Еукариотски рибозоми су већи и мало сложенији, али је сам принцип структурисаности и функционалности исти у свим живим ћелијама. Рибозом има три различита везивна места за рРНК: А (аминоацил), Р (пептидил) и Е (излаз). иРНК се везује за малу субјединицу и кроз њу се може "степеничасто" кретати, односно померати за тачно 3 нуклеотида, односно један кодон, колико је потребно да се означи која ће следећа аминокиселина бити уграђена у растући полипептидни низ. Ову аминокиселину тРНК транспортује до рибозома и она се у рибозому уграђује у полипептид. Модел структуре рибозома приказан је на Слици 2.

## СИНТЕЗА ПРОТЕИНА НА РИБОЗОМИМА

Иницијација синтезе протеина почиње када се иРНК веже за малу субјединицу рибозома преко 16S рРНК. Затим се велика субјединица везује за комплекс иРНК и мале субјединице. Када се споје мала и велика субјединица рибозома и иРНК омогућено је везивање



**Слика 2.** Структура рибозома са означеним субјединицама и местима везивања тРНК. иРНК се везује за малу субјединицу и налази се између две јединице рибозома

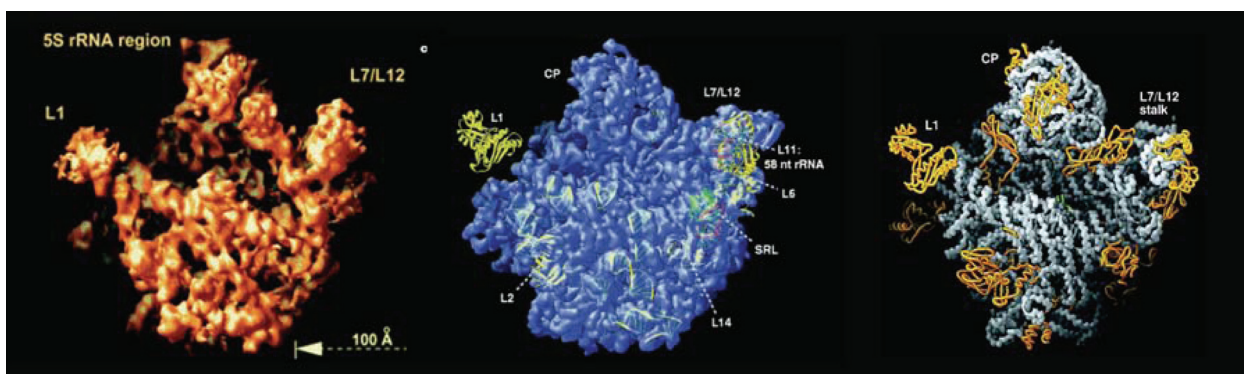
прве тРНК за Р место (Слика 2) и започиње следећа фаза.

Следећа фаза је фаза елонгације (продужавања) у којој се тРНК са одговарајућом аминокиселином везује за А место, затим се формира пептидна веза између две аминокиселине које се налазе на Р и А месту. Везивање тРНК (за А место) која носи тачно одређену аминокиселину омогућено је комплементарношћу кодона на иРНК са антикодоном на тРНК. Новонастали полипептидни ланац се заједно са тРНК пребацује са А на Р место, иницијална (претходна) тРНК прелази са Р на Е место и иРНК се помера кроз рибозом за три нуклеотидна места како би омогућила "позивање" следеће тРНК која носи одговарајућу аминокиселину. За празно А место везује се следећа тРНК која носи аминокиселину коју кодира следећи кодон на иРНК, а из Е места излази тРНК која је транспортовала претходну аминокиселину напушта рибозом. Елонгација се понавља све док рибозом не наиђе на један од три СТОП кодона на иРНК (UAA, UAG, UGA).

Када рибозом наиђе на СТОП кодон, који не кодира ни за једну аминокиселину, синтеза полипептида престаје и долази до одвајања полипептидног ланца. Полипептидни ланац се одваја од тРНК која је кодирала последњу аминокиселину насталог полипептида у рибозому. Након тога, долази до одвајања рибозома од иРНК и дисоцијације рибозома на субјединице. Ово је последња фаза која се означава као фаза терминације.

## МИСТЕРИЈЕ У ФУНКЦИЈИ РИБОЗОМА

Две најважније реакције које катализује рибозом јесу формирање ковалентне пептидне везе и хидролиза естарске везе између тРНК и полипептида током терминације. Хемијски механизам ковалентног повезивања аминокиселина и начин на који тРНК тачно



**Слика 3.** Пут добијања 50S субјединице у високој резолуцији. Структура 50S субјединице у резолуцији од 9 Å (лево), 5 Å (у средини), 2.4 Å (десно) (Van et al., 1998; 1999; 2000).

разликује кодон од суседних триплета нуклеотида на иРНК остали су непознати и после вишедеценијских истраживања. Такође, неиспитано је остало и повећавање или смањивање прецизности међусобног препознавања тРНК и иРНК када су присутни антибиотици или постоје мутације у рибозому. У решавању ових питања помаже одређивање кристалне структуре субјединица у високој резолуцији, комплекса субјединица и целог, 70S рибозома.

### ПОЧЕТАК КРИСТАЛОГРАФИЈЕ РИБОЗОМА

Рибозом има велику молекулску масу (2,5 MDa) и за разлику од многих вирусних партикула, не поседује елементе симетрије који би олакшали кристализацију и одређивање структуре.<sup>а)</sup> Пре 1980. године било је неизвесно да ли ће икада бити добијени кристали рибозома чије структура ће моћи да се реши до високе резолуције (~ 3 Å или мање) и да ли ће, уколико би овакви кристали били добијени, проблеми одређивања структуре бити превазиђени. Због тога је објављивање тродимензионалне структуре 50S субјединице рибозома из термофилне бактерије *Geobacillus (G.) stearothermophilus* 1980. године од стране истраживачког тима који је предводила Ада Јонат представљало значајан корак напред. Током осамдесетих објављено је још неколико кристалних структура рибозомских субјединица различитих организама. Ови први кристали нису били изразито квалитетни те су, стога, дифрактовани само до резолуције од око 10 Å и нису могли да послуже за добијање података који би омогућили одређивање структуре на нивоу атома пошто је резолуција била мала за таква одређивања. Значајан корак представљало је добијање бољих кристала 50S субјединице бактерије *H. marismortui* чија је структура решена до резолуције од 3 Å (von Bohlen et al., 1991). Одређивање структуре рибозома омогућено је развијањем техника како за добијање квалитетних кристала тако и анализу добијених дифракционих слика.

### РИБОЗОМ И СУБЈЕДИНИЦЕ РИБОЗОМА У ВИСОКОЈ РЕЗОЛУЦИЈИ

Ада Јонат је дала велики допринос добијању кристала 50S субјединице *H. marismortui* и делимичном решавању њихове структуре до резолуције од 3 Å. Међутим, највећи проблем у кристалографији је одређивање фазе сваког дифрактованог зрака. Одређивање фазе је неопходно да би се успешно одредила расподела (дистрибуција) електронске густине у кристалу и на тај начин дошло до података о структури. Ово је био веома велики проблем за кристалографију рибозома, с обзиром на њихову величину, које су Стејц и сарадници први успели да реше (фазни проблем) користећи технике, а тиме и да је могуће решити структуру рибозомских субјединица, па чак и целог 70S рибозома, што је наговестило да је добијање кристалних структура високе резолуције субјединица и целог 70S рибозома веома близу. Стејц и сарадници су 2000. године публиковали структуру 50S субјединице *H. marismortui* до резолуције од 2,4 Å, док је Рамакришнан објавио структуру 30S субјединице рибозома *T. thermophilus* у резолуцији од 3 Å, а Јонат структуру исте субјединице у резолуцији од 3,3 Å (слика 3). Одређивање структуре рибозомских субјединица до резолуције од око 3 Å омогућило је интерпретацију позиције атома у тој структури и објашњење функције аминокиселина и нуклеотида које сачињавају рибозом.

Када су структуре субјединица рибозома добијене у довољно високој резолуцији, пажњу је привукло место формирања пептидне везе, пептидил-трансферазни центар, и утврђено је да у њему нема протеинских компоненти рибозома. То је потврдило претходне претпоставке да је рибозом заправо рибозим, тј. ензим који своју каталитичку моћ остварује захваљујући РНК, а не протеинима. Такође, одређивање структуре рибозома омогућило је и испитивање везивања антибиотика за рибозоме. Међутим, фундаментална питања у вези са избором једне, тачно дефинисане тРНК током елонгације полипептидног ланца и механизмом катализе стварања пептидне везе захтевала су

<sup>а)</sup> Симетрични молекули се боље “пакују” у геометријски правилно уређене кристалне решетке, те њиховом кристализацијом настају квалитетни кристали.



joш кристалографских, биохемијских и рачунарских метода. Користећи високо резолутивне структуре 30S субјединица Рамакришнан и сарадници су успели да објасне недовољно проучене феномене у вези са тачношћу “читања” кодона током транслације и утврдили како рибозом обавља селекцију тРНК за одговарајући кодон иРНК, механизам спаривања кодона и антикодона и начин на који антибиотици и мутације у рибозомима утичу на тачност ових процеса.

## ФОРМИРАЊЕ ПЕПТИДНЕ ВЕЗЕ И СТРУКТУРА 50S СУБЈЕДИНИЦЕ

Иако се након одређивања структуре 50S субјединице рибозома очекивало брзо разјашњење механизма катализе формирања пептидне везе, до тога није дошло тако брзо и било је предложено неколико хипотеза. Одређивањем механизма катализе се превазишао овај проблем. Структуре субјединица које је решила Стејцова група заједно са биохемијским експериментима и рачунарским методама су дале одговор на ово питање.

## СТРУКТУРА СУБЈЕДИНИЦА РИБОЗОМА И АНТИБИОТИЦИ

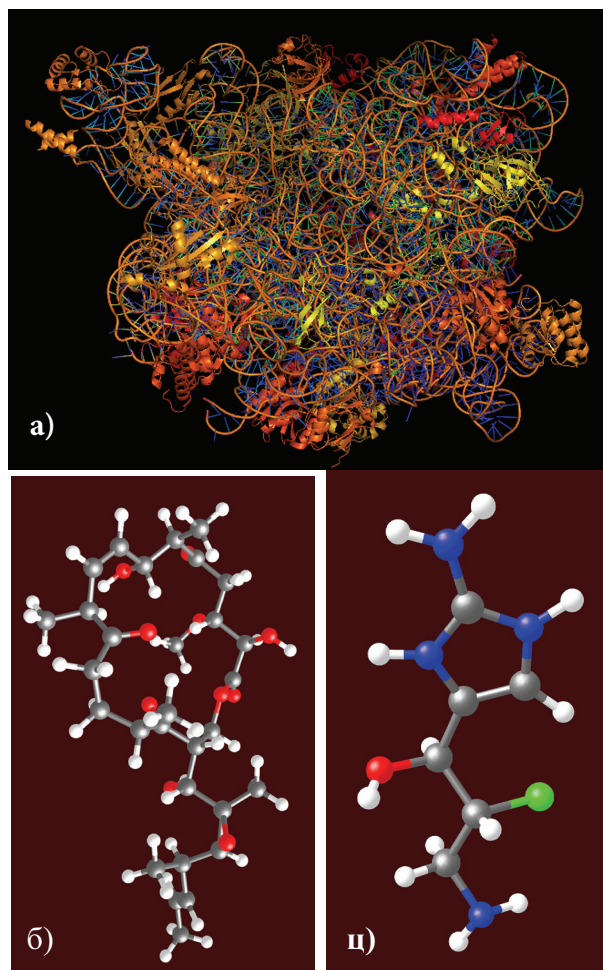
Рибозоми представљају место деловања око 50% свих антибиотика (Слика 4). Најчешћи начин деловања антибиотика је везивање за А или Р место на рибозому, спречавајући било настајање било ослобађање растућег полипептидног ланца. Такође, пептидил-трансферазни центар представља место деловања великог броја антибиотика. Разјашњавање структуре субјединица рибозома отворило је велики број могућности за синтезу нових и ефикаснијих лекова који би умањили ефекат настао развијањем резистентности бактерија на постојеће антибиотике.

## НОВИ КРИСТАЛНИ КОМПЛЕКСИ РИБОЗОМА

Рамакришнан и сарадници су 2009. године објавили кристалне структуре високе резолуције два рибозомска комплекса *T. thermophilus* и на основу њих утврдили да одређене секвенце рибозомских протеина учествују у стабилизацији тРНК током пептидил-трансферазне реакције. Ови подаци би могли да нагесте да, иако су тРНК и рРНК главни делови молекулске машине која катализује формирање пептидне везе и стварање протеина, рибозомски протеини могу имати значајну улогу у овом процесу код бактерија, а вероватно и код виших организама.

## ЗАКЉУЧАК

Рибозом и његове субјединице су највећи асиметрични молекулски комплекси чија је структура решена кристалографски. Одређивање структуре ове молекулске машине за синтезу протеина у ћелији је изузетно значајно јер је помогло разумевању процеса есенцијалних за живот. Практични значај ових сазнања је у разумевању интеракција антибиотика са ри-



Слика 4. а) Пептидил-трансферазни центар 50S субјединице рибозома је место деловања великог броја антибиотика. Кристална структура високе резолуције 50S субјединице је помогла да се сазна више о интеракцијама између рибозома и антибиотика. Антибиотици 13-дезокситенадолид (б) и гиродазол (ц) су кокристалисани са 50S субјединицом бактерије *Haloarcula marismortui*; PDB: 2OTJ и 2OTL.

бозомима, што ће омогућити дизајн и синтезу нових антибиотика. Рамакришнан, Стајц и Јонат су направили револуционарни допринос кристалографији рибозома, користећи функционалне рибозомске комплексе високе резолуције како би разјаснили фундаментална питања у вези са синтезом протеина. Њихов рад има далекосежне импликације у фундаменталној науци и медицини.

## Abstract

THE NOBEL PRIZE IN CHEMISTRY 2009. STRUCTURE AND FUNCTION OF THE RIBOSOME- The key to life at the atomic level

Vladimir PROKOPOVIĆ, Goran TOMIĆ, Faculty of Chemistry, University of Belgrade

Ribosomes are the complex protein-synthesizing molecular machines of all cells. Process of protein synthesis, essential for



life, was not clarified in detail until resolving of structure of the ribosome on atomic resolution. The Nobel Prize in Chemistry in 2009 was awarded to Venkatraman Ramakrishnan, Thomas A. Steitz and Ada E. Yonath for their studies of the structure and function of the ribosome. Ramakrishnan, Steitz and Yonath have made a breakthrough achievement in determining the atomic structure of the ribosome. By using high-resolution functional ribosome complexes, they clarified long-standing and fundamental questions in protein synthesis. Implications of their work are far-reaching. Brief review on the structure and function of the ribosome are given in the text.

### ЗА ДАЉЕ ЧИТАЊЕ

1. Rodnina, M. V., Wintermeyer, W. (2010) Trends Biochem Sci 35(1), 1-5
2. www.cytochemistry.net/cell-biology/ribosome.htm

### РЕФЕРЕНЦЕ

1. Ban, N., Freeborn, B., Nissen, P., Penczek, P., Grassucci, R.A., Sweet, R., Frank, J., Moore, P.B., Steitz, T.A. (1998). Cell 93, 1105-1115.
2. Ban, N., Nissen, P., Hansen, J., Capel, M., Moore, P.B., Steitz, T.A. (1999). Nature 400, 841-847.
3. Ban, N., Nissen, P., Hansen, J., Moore, P.B., Steitz, T.A. (2000). Science 289, 905-920.
4. Crick, F. (1970) Nature 227, 561-563
5. Franceschi, F., Duffy, E.M. (2006) Biochemical Pharmacology 71, 1016-1025.
6. von Bohlen, K., Makowski, I., Hansen, H.A., Bartels, H., Berkovitch-Yellin, Z., Zaytzev-Bashan, A., Meyer, S., Paulke, C., Franceschi, F., Yonath, A. (1991) Journal of Molecular Biology 222, 11-15
7. Yonath, A., Mussig, J., Tesche, B., Lorenz, S., Erdmann, V.A., Wittmann, H.G. (1980) Biochemistry International 1, 428-435
8. Watson, J.D., Crick, F.H. (1953). Nature 171, 737-738.



Милена СПАСИЋ, Биолошки факултет, Универзитет у Барселони, Шпанија  
(milena.spasic@ncrc.ac.rs)

## ЗЕЛЕНИ ФЛУОРЕСЦЕНТНИ ПРОТЕИН – БЛИСТАВА ЗВЕЗДА МОДЕРНЕ БИОХЕМИЈЕ

Откриће зеленог флуоресцентног протеина из медузе *Aequorea victoria* 1962. године било је весник нове ере биохемијских истраживања у којој је постојало могуће праистинити процесе у живим системима помоћу микроскопа. Фузионисање зеленог флуоресцентног протеина, који има особину да емитује зелену светлост, са многим протеинима и ензимима, методама молекуларног клонирања, омогућило је научницима да "виде" дошад невидљиве процесе, попут ширења хелија рака или развоја можданих хелија. Откривени су и многи други флуоресцентни протеини, као што су црвени и жути флуоресцентни протеини из корала, а још више их је најрављено процесом дириговане мутагенезе. Модерна биохемија се не може више замислити без употребе широке дијапазона флуоресцентних протеина.

### УВОД

Осаму Шимомура (Osamu Shimomura), хемичар јапанског порекла, је 1961. године радећи у истраживачком тиму у Вашингтону из медузе *Aequorea victoria* изоловао екворин, нови биолуминисцентни протеин [1]. Током изоловања екворина, 1962. године откривен

је још један протеин, који није имао особину емитовања плавог светла услед биолуминисценције<sup>а)</sup> као екворин, већ зеленог светла услед флуоресценције.<sup>б)</sup> Због те особине добио је назив зелени флуоресцентни протеин (Green Fluorescent Protein, GFP). Научници се данас често шале говорећи да овај протеин има превише обичан и немаштовит назив у односу на допринос који је дао модерним истраживањима. Нобелова награда за хемију 2008. године додељена је баш за откриће и развој зеленог флуоресцентног протеина. Награду су поделили Осаму Шимомура и амерички истраживачи Мартин Чалфи (Martin Chalfie) и Родер Тсијен (Roger Tsien), који су шездесетих година XX века интензивно радили на објашњењу карактеристика овог протеина (Слика 1).

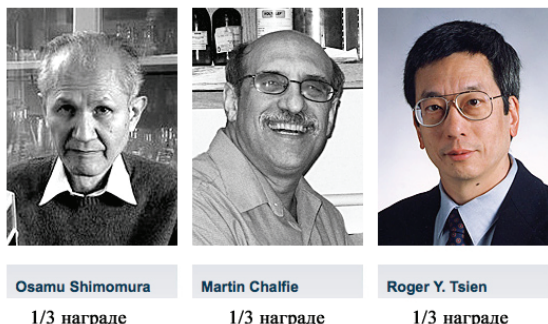
### РЕЗОНАНТНИ ТРАНСФЕР ЕНЕРГИЈЕ КОД *Aequorea victoria*

Утврђено је да су екворин и GFP коекспримиран и гранулама обода звонастог тела медузе. GFP апсорбује калцијум-зависну биолуминисценцију емисија екворина, а затим је емитује у виду зелене боје [2]. Ова

а) Биолуминисценција је природна појава ослобађања енергије у виду светлости од стране живог организма услед неке хемијске реакције.

б) Флуоресценција је појава спонтане емисије светлосног зрачења након ексцитације неког молекула фотонима светлости. До емисије светлости долази услед повратка електрона у основно стање, при чему се један део енергије губи у виду топлоте. Због тога је флуоресцентна емитована светлост веће таласне дужине (обично из видљивог дела спектра) од ексцитирајуће светлости која је најчешће из ултравиолетног дела спектра.

Добитници Нобелове награде за хемију 2008. године - за откриће и развој зеленог флуоресцентног протеина -



Osamu Shimomura

1/3 награде

Martin Chalfie

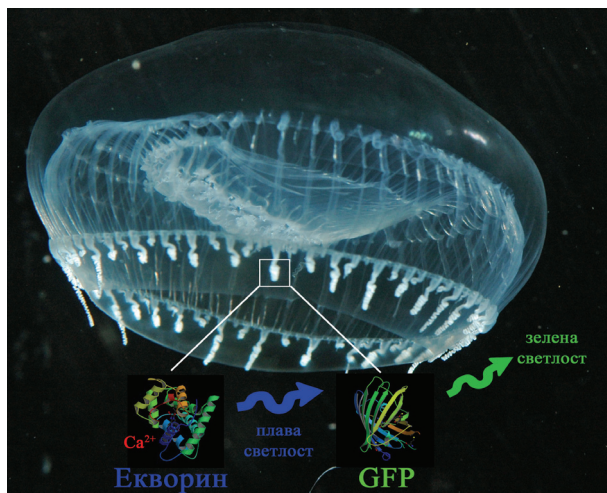
1/3 награде

Roger Y. Tsien

1/3 награде

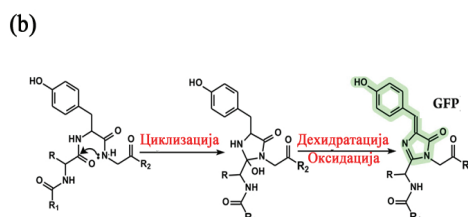
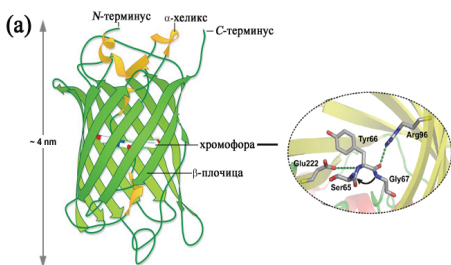
Слика 1. Добитници Нобелове награде за хемију 2008. године за откриће и развој зеленог флуоресцентног протеина

појава је позната као резонантни трансфер енергије (Resonance Energy Transfer, RET) (Слика 2).



Слика 2. Изглед медузе *Aequorea victoria* са шематским приказом резонантног трансфера енергије између екворина и GFP-а

GFP је протеин сачињен од 238 аминокиселина и има молекулску масу од 26,9 kDa. Показује два ексци- тациона пика, један на 395 nm и други на 475 nm (што му омогућава да апсорбује део плаве луминисцентне емисије екворина), а емитује светлост на 509 nm [3]. Има типичну структуру  $\beta$ -плочица повезаних  $\alpha$ -хеликсима, а хромофора се налази у централном унутра- шњем делу протеина [4]. Унутрашњи бочни остаци



Слика 3. 3D структура GFP-а (а) и пост-тран- слациона циклизација његове хромофере (б)

аминокиселина Ser65–Tyr66–Gly67 (уз помоћ Glu222 и Arg96) подлежу процесу пост-транслационе циклиза- ције и доводе до формирања хромофере (PDB<sup>a</sup>) озна- ка протеина изабраног за илустрацију структуре IEMA) (Слика 3).

Мрежа водоничних веза и *stacking* интеракције између ових бочних остатака одговорни су за изглед ексци- тационог спектра GFP-а. Густо паковање  $\beta$ -плочица онемогућава да растварач приђе хромофори и евентуално “угаси” флуоресценцију. Неке мутације у овом делу протеина доводе до губитка једног од пико- ва у ексци- тационом спектру, што уједно драстично побољшава апсорпцију на 475 nm, чиме GFP постаје ефикаснији партнер екворину у RET-у [5]. Медуза *A. Victoria* је еволутивно ипак задржала мање ефикасни GFP са два ексци- тациона пика. Роџер Тсијен је изнео хипотезу да варијације хидростатичког притиска са дубином утичу на способност Ser65 да донира  $H^+$  и та- ко промени однос јачина ексци- тације два пика, што узрокује промену боје луминисценције ове медузе са дубином. Биолуминисценција је енергетски захтеван процес и сматра се да има важну физиолошку улогу. У дубинама океана нема светла, па је могуће да се свет- лост добијена биолуминисценцијом користи као вид комуникације, у циљу привлачења плена или застра- шивања грабљиваца.

### ДЕРИВАТИ GFP-А

Када је 1992. године објављена нуклеотидна секвенца GFP-а [6], почело је мапирање улога разних протеина у ћелији, што је одувек био императив у био- хемијским истраживањима. У лабораторији Мартина Чалфија експримиран је wtGFP<sup>б</sup>) у *E. coli* и *C. elegans*, а његова је била и идеја да се техникама генетичког ин- жењерства од изабраног испитиваног протеина на- прави хибридни “протеин-GFP”. Овим би било омо- гућено праћење експресије, позиције и интеракција испитиваног протеина јер би GFP са којим је спојен служио као нека врста зеленог светионика [7].

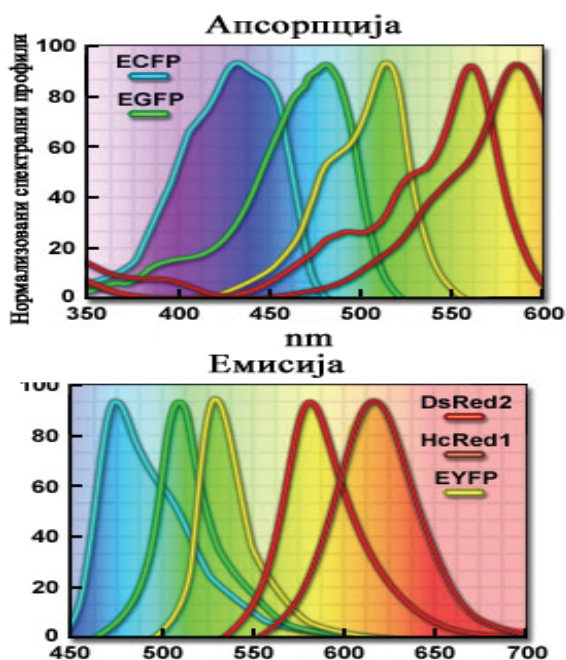
Иако је рекомбинантни GFP експримиран *in vitro* био правилно увијен и флуоресцирао, имао је неке не- достатке као што су два апсорпциона пика, осетљи- вост на промене рН и на хлориде, као и фотолабил- ност. Због тога се приступило модификацијама хро- мофере и околних аминокиселинских остатака дири- гованом мутагенезом,<sup>ц)</sup> чиме је настао широк дијапа- зон GFP деривата [8]. Први важнији дериват констру-

а) <http://www.rcsb.org/pdb/>

б) Са wt (wild type) се означава фенотип врсте која постоји у природи, односно описује било коју врсту у којој нема промена настале мутацијама. Врста је у нашој причи протеин.

ц) Под диригованом мутагенезом се подразумева циљано увођење промена у следу нуклеотида у молекулу ДНК техникама молекуларне биологије.

исао је Роџер Тсијен, тачкастом мутацијом (S65T)<sup>a)</sup> чиме је GFP постао фотостабилнији, а други апсорпциони пик померен на 488 nm са задржаним емисионим пиком на 509 nm [9]. Ово је омогућило “читавање” GFP-а, тада стандардним и широко заступљеним FITC комплетима филтара, и његову ширу практичну примену у многим лабораторијама. Након тога су направљени многи деривати других боја, као што су плави (EBFP, EBFP2, Azurite), цијано (ECFP, Cerulean, CyPet), жути (YFP, Citrine, Venus, YPet) наранџасти (mOrange1, mOrange2) и црвени (mRFP1, mRuby) (Слика 4).



Слика 4. Апсорпциони и емисиони спектри неких флуоресцентних протеина

## ПРИМЕНА GFP-А

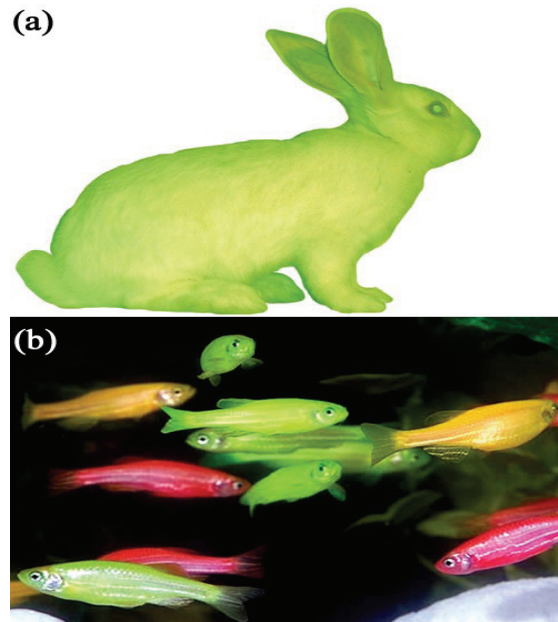
Добијање GFP деривата је у потпуности променило и унапредило методе флуоресцентне микроскопије и њихову примену у биохемијским истраживањима. Раније често коришћени мали флуоресцентни молекули као што је FITC (флуоресцеин изотиоцијанат) су изузетно фототоксични за живе ћелије, док флуоресцентни протеини имају знатно мањи штетни ефекат. Ово је омогућило развој аутоматизованих флуоресцентних микроскопских система за праћење ћелија које експримирају GFP-обележене протеине у реалном времену. Анализа резултата оваквих експеримената довела је до бољег разумевања многих биохемијских процеса.

Тренутно се интензивно ради на усавршавању палете флуоресцентних протеина, као и на добијању нових који флуоресцирају у далекој црвеној области

видљивог спектра. Деривати црвених флуоресцентних протеина из корала су посебно занимљиви, јер се њиховим експримирањем у ћелијама сисара знатно смањује аутофлуоресценција<sup>b)</sup> и апсорпција светлости што ће бити нарочито корисно код анализе узорака велике дебљине и целих животиња. Такође, примењују се и за добијање биосензора побољшане осетљивости.

## Флуоресцентне трансгене животиње

Онда је 2000. године на сцену ступила Алба, уметничко дело Бразилца Едуарда Каца (Eduardo Kac) и изазвала бурне реакције у начној јавности. Наиме, Алба је трансгени, флуоресцентни зец, настао убацивањем GFP-а у оплођену јајну ћелију албино зечице. Научници, етичари и активисти за заштиту права животиња су употребу генетичког инжењерства у циљу уметности оценили не само као шашаву, већ и као опасну злоупотребу. Кац са друге стране тврди да је Алба само нова форма модерне уметности 21. века и да му је циљ да својом уметношћу стимулише интензивну и емотивну дискусију светских размера о социјалном аспекту употребе технологије генетичког инжењерства. Колико је Алба „потресла“ светску јавност може се видети и по томе што су убрзо произведене флуоресцентне рибице под називом GloFish и дистрибуиране по продавницама животиња. У Америци су се појавили и флуоресцентни мишеви под називом NeonMice,<sup>TM</sup> а на Тајвану флуоресцентне свиње (Слика 5).



Слика 5. Флуоресцентна зечица Алба (a) и флуоресцентне рибице GloFish® (б)

По свему судећи, још увек нисмо у потпуности схватили и прихватили одговорност коју носи употре-

a) S65T је ознака за промену следа нуклеотида на нивоу ДНК која је довела до производње протеина са измењеном само једном аминокиселином на позицији 65 (серин је замењен треонином)  
b) Аутофлуоресценција је својство саме ћелије да флуоресцира при осветљењу одговарајућом таласном дужином, услед присуства ендогених флуорофора (ароматичне аминокиселине, пигменти, коензими из митохондрија...)



ба GFP-а и његових “рођака”, иако смо свесни њихових предности и значаја у модерној биохемији.

#### Abstract

#### GREEN FLUORESCENT PROTEIN – A SHINING STAR OF MODERN BIOCHEMISTRY

Milena Spasić, MSc, Faculty of Biology, University of Barcelona, Spain (milena.spasic@ncrc.ac.rs)

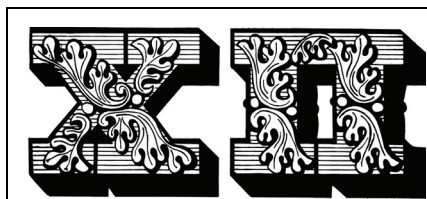
A new era of biochemical research began with the discovery of the green fluorescent protein (GFP) from the jellyfish *Aequorea victoria* in 1962. Molecular cloning fusion of green light emitting GFP with many proteins and enzymes enabled scientists to track and “see” processes in living cells using a microscope. Many other fluorescent proteins have been discovered, such as red and yellow from corals, and many more have been made by directed mutagenesis. Modern biochemical research strongly depends on the use of this wide spectrum of fluorescent proteins.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Shimomura O, Johnson F, Saiga Y. *Extraction, purification and properties of aequorin, a bioluminescent protein from the luminous*

*hydromedusan, Aequorea*. J Cell Comp Physiol 59 (1962) 223

- Hiroshi M, Shimomura O, Johnson F, Winant J. *Intermolecular energy transfer in the bioluminescent system of Aequorea*. Biochemistry 13 (1974) 2656
- Prendergast F, Mann K. *Chemical and physical properties of aequorin and the green fluorescent protein isolated from Aequorea forskalea*. Biochemistry 17 (1978) 3448
- Ormö M, Cubitt A, Kallio K, Gross L, Tsien R, Remington S. *Crystal structure of the Aequorea victoria green fluorescent protein*. Science 273 (1996) 1392
- Tsien R. *The green fluorescent protein*. Annu. Rev. Biochem. 67 (1998) 509
- Prasher D, Eckenrode V, Ward W, Prendergast F, Cormier M. *Primary structure of the Aequorea victoria green-fluorescent protein*. Gene 111 (1992) 229
- Chalfie M, Tu Y, Euskirchen G, Ward W, Prasher D. *Green fluorescent protein as a marker for gene expression*. Science 263 (1994) 802
- Cubitt AB, Heim R, Adams SR, Boyd AE, Gross LA, Tsien RY. *Understanding, improving and using green fluorescent proteins*. Trends Biochem. Sci. 20 (1995) 448
- Heim R, Cubitt A, Tsien R. *Improved green fluorescence*. Nature 373 (1995) 663



## ВЕСТИ из ШКОЛЕ ВЕСТИ за ШКОЛЕ

### 46. РЕПУБЛИЧКО ТАКМИЧЕЊЕ ИЗ ХЕМИЈЕ ЗА УЧЕНИКЕ ОСНОВНИХ ШКОЛА

Овогодишње, 46. по реду, Републичко такмичење из хемије за ученике основних школа, у организацији Министарства просвете Републике Србије и Српског хемијског друштва (СХД) одржано је од 21. до 23. маја 2010. године у Новом Саду, у просторијама ОШ „Коста Трифковић“. Такмичење је отворила председница СХД-а др Иванка Поповић. Републичка комисија радила је у саставу: др Милош Милчић (председник), др Снежана Николић, др Рада Баошић, мр Маја Шумар Ристовић, Радојка Ђурђевић, Драгиња Калинић, Јелена Лазић, Милица Букоровић, Соња Милић, Александар Савић, Младен Лакић и Драган Нинковић.

У категорији “Тест и експериментална вежба” учествовало је 70 ученика VII разреда и 56 ученика VIII разреда. У категорији “Тест и истраживачки рад” учествовало је 18 ученика VII и VIII разреда основних школа. Одлични резултати постигнути су у све три такмичарске категорије. Наводимо листе најбоље пласираних ученика, њихових ментора, заједно са називима основних школа и местима у којима се оне налазе. Комплетне резултате такмичења можете да погледате на сајту: [www.mojahemija.org](http://www.mojahemija.org).

#### VII РАЗРЕД - ТЕСТ И ЕКСПЕРИМЕНТАЛНЕ ВЕЖБЕ

Пласман	Име и презиме ученика	Основна школа	Место	Ментор
1. место	Алекса Милосављевић	ОШ “Ј.Змај”	Свилајнац	Љубинка Зарков
2. место	Рејхан Полимац	ОШ “Вук Караџић”	Прибој	Ф. Стројил
3. место	Павле Стојковић	ОШ “Исидора Секулић”	Панчево	Милошевић Марија
4. место	Селена Симић	ОШ “Бубањски хероји”	Ниш	Слађана Митић
5. место	Алекса Симић	ОШ “Бубањски хероји”	Ниш	Слађана Митић
6. место	Александар Тасић	ОШ “Жарко Зрењанин”	Нови Сад	Данијела Салатић



## VIII РАЗРЕД - ТЕСТ И ЕКСПЕРИМЕНТАЛНЕ ВЕЖБЕ

Пласман	Име и презиме ученика	Основна школа	Место	Ментор
1. место	Оливера Живојиновић	ОШ "Коста Букић"	Младеновац	Александар Лазаревић
2. место	Војислав Глигоровски	ОШ "Скадарлија"	Београд	Слободанка Новаковић
3. место	Давид Копривица	ОШ "Сестре Илић"	Ваљево	Ружа Панић
4. место	Немања Миловановић	ОШ "Бубањски хероји"	Ниш	Слађана Митић
5. место	Богдана Манојловић	ОШ "Јован Миодраговић"	Београд	Сања Шушњар
6. место	Никола Крстић	ОШ "Коле Рашић"	Ниш	Љиљана Ђирић

## VII И VIII РАЗРЕД - КАТЕГОРИЈА: ТЕСТ И ИСТРАЖИВАЧКИ РАД

Пласман	Име и презиме ученика	Разред	Основна школа	Место	Ментор
1. место	Алекса Симић	VII	ОШ "Бубањски хероји"	Ниш	Слађана Митић
2. место	Селена Симић	VII	ОШ "Бубањски хероји"	Ниш	Слађана Митић
3. место	Немања Миловановић	VIII	ОШ "Бубањски хероји"	Ниш	Слађана Митић
4. место	Јована Тодоровић	VIII	ОШ "Бубањски хероји"	Ниш	Слађана Митић
5. место	Стефан Јовановић	VIII	ОШ "Прва војвођанска бригада"	Нови Сад	Снежана Каламковић
6. место	Даница Осмајић	VII	ОШ "Кизур Иштван"	Суботица	Славица Меденица

## XLVI РЕПУБЛИЧКО ТАКМИЧЕЊЕ ИЗ ХЕМИЈЕ УЧЕНИКА СРЕДЊИХ ШКОЛА

У Крушевцу је од 21. до 23. маја 2010. одржано XLV Републичко такмичење из хемије ученика средњих школа у организацији Српског хемијског друштва, Министарства просвете Републике Србије и Хемијског факултета Универзитета у Београду. Веома успешан домаћин такмичења била је Хемијско-технолошка школа у Крушевцу. За организацију такмичења заслужни су директор школе Мирољуб Петровић, Виолета Цветковић, Душко Петковић, Јован Станковић, Драгослав Стевовић и остали чланови колектива. На затварању такмичења учесницима се обратио потпредседник СХД др Живослав Тешић.

У категорији Тест и експерименталне вежбе учествовало је 50 ученика I разреда, 52 ученика II разреда и 58 ученика III и IV разреда. У категорији Тест и истраживачки рад учествовало је 8 ученика I и II разреда и 7 уче-

ника III и IV разреда. Учествовали су ученици из 70 школа. У припреми и жирију такмичења били су ангажовани: др Душан Сладић, др Нико Радуловић, др Драгица Тривић, др Ђенђи Ваштаг, др Наташа Божић, др Маја Груден-Павловић, Радојка Ушћумлић, мр Татјана Божић, мр Ирена Новаковић, др Мирослава Вујчић, Срђан Туфегџић, Марко Јеремић, Биљана Ракочевећ и Верица Пацић. Као и претходних година, постигнути су одлични резултати, захваљујући добром раду такмичара и ментора. Такмичење се одиграло према измењеним пропозицијама, па је награђен већи број ученика. Наводимо списак награђених и похваљених ученика у свим такмичарским категоријама, називе школа и места из којих су дошли, као и имена ментора који су припремили ученике за ово такмичење.

## I РАЗРЕД - ТЕСТ И ЕКСПЕРИМЕНТАЛНЕ ВЕЖБЕ

Пласман	Име и презиме ученика	Назив школе	Место	Име и презиме ментора	Ранг
1.	Наталија Арсић	Прва београдска гимназија	Београд	Славица Јелић	I
2.	Младен Анђић	Гимназија	Прибој	Брана Станчић	I
3.	Адис Дијаб	Пријеповска гимназија	Пријепове	Горица Пантовић	II
4.	Милан Крстајић	Математичка гимназија	Београд	Надија Удовичић	II
5.	Исидора Бањац	XIII београдска гимназија	Београд	Анита Стојчевски	III
6.	Милош Гаговић	Гимназија	Врбас	Татјана Кажич	III

## II РАЗРЕД - ТЕСТ И ЕКСПЕРИМЕНТАЛНЕ ВЕЖБЕ

Пласман	Име и презиме ученика	Назив школе	Место	Име и презиме ментора	Ранг
1.	Милан Корњача	Митровачка гимназија	Сремска Митровица	Бранислава Милашиновић	I
2.	Златко Јончев	Медицинска школа "Др Андра Јовановић"	Шабац	Милица Петровић	II
3.	Дајана Милованов	Гимназија	Бечеј	Тимеа Арпас	III
4.	Михајло Новаковић	Гимназија	Лесковац	Предраг Стојиљковић	IV
5.	Снежана Кузмановић	Медицинска школа "Др Андра Јовановић"	Шабац	Милица Петровић	V
6.	Сања Милутиновић	Медицинска школа	Ужице	Љиљана Иваниш	VI

### III И IV РАЗРЕД - ТЕСТ И ЕКСПЕРИМЕНТАЛНЕ ВЕЖБЕ

Пласман	Име и презиме ученика	Назив школе	Место	Име и презиме ментора	Ранг
1.	Небојша Пријовић	Гимназија	Прибој	Брана Станчић	I
2.	Александар Ђорђевић	Гимназија "Бора Станковић"	Ниш	Зорица Ташков	II
3.	Вукослава Мишков	Медицинска школа "7. април"	Нови Сад	Веселинка Шкиљевић	III
4.	Бојана Дамњановић	Гимназија	Обреновац	Ђорђе Бобан	III
5.	Немања Ђоковић	Медицинска школа	Чачак	Јелена Броћић	III
6.	Игор Асановић	Медицинска школа	Сремска Митровица	Соња Стојчић	III

### I И II РАЗРЕД - ТЕСТ И ИСТРАЖИВАЧКИ РАД

Пласман	Име и презиме ученика	Назив школе	Место	Име и презиме ментора	Ранг
1.	Радослав Павловић	Медицинска школа "Сестре Нинковић"	Крагујевац	Дејана Димитријевић	I
2.	Ана Здравковић	Хемијско-технолошка школа "Бождар Ђорђевић Кукар"	Лесковац	Јовица Митић	II
3.	Андрија Сенте	Гимназија "Светозар Марковић"	Суботица	Диана Чавић	III
4.	Јован Дамјановић	Математичка гимназија	Београд	Аника Влајић	IV

### III И IV РАЗРЕД - ТЕСТ И ИСТРАЖИВАЧКИ РАД

Пласман	Име и презиме ученика	Назив школе	Место	Име и презиме ментора	Ранг
1.	Марија Банићевић	XIII београдска гимназија	Београд	Милена Бојаџић	I
2.	Данијела Вукић	Гимназија "Бора Станковић"	Ниш	Љиљана Миладиновић	II



## НОВЕ ВЕСТИ ИЗ КЛУБА МЛАДИХ ХЕМИЧАРА



У складу са светским трендовима повезивања младих сличних интересовања и активности, основан је Клуб Младих Хемичара Србије (КМХС). Сходно томе, првенствени циљ организације је умрежавање младих из академских институција и индустрије зарад стицања нових и размене постојећих сазнања, али и пружања шансе младима, којима је област рада (или) интересовања хемија, да презентују достигнућа и успехе до којих су дошли у пређашњем раду. Клуб кроз свој рад остварује и сарадњу са сличним иностраним институцијама, првенствено ЕУСН-ом (Европска мрежа младих хемичара), и на тај начин укључује своје чланове у интернационалне мреже. Овакав начин деловања омогућава размену искустава и знања са младим хемичарима, физикохемичарима, биохемичарима и хемијским инжењерима широм света.

КМХС поседује и веб презентацију на адреси [www.kmhx.net](http://www.kmhx.net) која се редовно допуњује новим чланцима везаним за хемијске науке. Текстови се објављују у неколико различитих области, у зависности од теме

којом се баве, тако се тренутно чланци објављују у рубрикама: „Интересантан молекул“, „Нобелова награда“, „Наука под лупом“ и „Вести“. Сваки члан Клуба је у могућности да напише и објави текст на интернет страници Клуба, уз претходну рецензију од стране чланова надлежне редакције, наравно, а након тога и прегледу и рецензији од стране универзитетског Професора који се бави темом коју чланак обрађује.

До сада је објављено око тридесет текстова који су третирали потпуно различите теме, од Аспирина, водоник-сулфида и таксола, преко чланака о нобеловцима као што су: Ернест Радерфорд, Адолф фон Бајер, Херман Емил Фишхер, до текстова о: алгоритму колоније мрва, Неск-овој реакцији, Кевлару. Наравно кроз рубрику вести су редовно праћена занимљива дешавања везана за хемију, битни догађаји који су се десили на неки дан или вести везане за рад самог Клуба.

Поред свега овога сајт Клуба пружа могућност свим својим члановима да изнесу мишљење о темама које се обрађују на блогу, наравно и да сами постану блогери, да се прикључе мејлинг листи Клуба и на тај начин буду редовно информисани о дешавањима у

Клубу. Специјализовани део сајта даје преглед стручних пракси и послова, али и омогућава члановима Клуба да добију информације и смернице око тражења и одласка на стручне праксе. На сајту КМХС, при дну интернет претраживача, активира се алатка која приказује тренутни број присутних корисника сајта. Такође омогућено је започињање чета или видео разговора са њима. Приказани су и директни линкови ка Facebook групи Клуба, Facebook страници обожавалица КМХС послова и пракси и Twitter налогу Клуба.

Колико је КМХС постао популаран међу младим хемичарима говори и чињеница да се за 3 месеца постојања Клуба број чланова попео на готово 200 а број обожавалица Клуба на ФБ на скоро 500. Ово је наравно додатни мотив свим члановима Клуба да заједничким снагама учине ову малу заједницу још занимљивијом и бољим. Баш из тог разлога Клуб Младих

Хемичара ће организовати представљање Клуба широм Србије и упознавање потенцијалних чланова са радом и активностима. Планира се и почетак рада радионице која ће се бавити научно-популарним темама и периодично окупљати чланове Клуба на заједничке дебате. Наравно активности које су до сада пратиле рад КМХС ће бити настављене, тако да ће сајт и даље редовно информисати чланове о занимљивостима и давати увид у нова научна достигнућа.

Како би Клуб Младих Хемичара Србије био сваким даном све бољи и кориснији, сваки предлог је добродошао а сваки нови члан ће бити радо прихваћен. Зато посетите сајт [www.kmhem.net](http://www.kmhem.net) и постаните члан КМХС-а, јер само знање има будућност.

**Мирослав Калањ**

Клуб младих хемичара Србије



## ИЗВЕШТАЈ О РАДУ СРПСКОГ ХЕМИЈСКОГ ДРУШТВА У 2009. ГОДИНИ

### УСТРОЈСТВО

Делатност Српског хемичког друштва организована је кроз 14 подружница (Бор, Чачак, Димитровград, Лесковац, Ниш, Параћин, Шабац, Ужице, Врање, Горњи Милановац, Крагујевац, Краљево, Крушевац, Трстеник), СХД – Хемичско друштво Војводине (подружнице Зрењанин, Вршац, Суботица, Сремска Митровица и Кикинда) и 17 секција (наставна, биохемичка, металуршка, електрохемичка, спектрохемичка, за аналитичку хемију, за хемичко инжењерство, за хемију и технологију коже, за хемију и технологију макромолекула, за хемију и технологију влакана и текстила, за хемију и технологију хране, за хемију и заштиту животне средине, за керамику, за органску хемију, за теоријску хемију, за угаљ и угљоводонике, за медицинску хемију).

Друштво је у 2009. години имало регистрованих 810 активних чланова, од чега 712 са плаћеном чланарином и 89 са бесплатним чланством.

Председништво СХД радило је у следећем саставу: Богдан Шолаја, председник (до марта), Славко Кеврешан, председник СХД-ХДВ, потпредседник, Вера Дондур, потпредседница, Живослав Тешић, потпредседник, Рада Баошић, секретар, Бранко Дуњић, секретар, и чланови: Слободан Миловић, Иван Гутман, Иванка Поповић, Милан Дабовић, Иван Јурањић, Љуба Мандић, Драган Марковић, Слободан Петровић, Душан Унковић, Душан Сладић, Влатка Вајс, Славица Ражић, Софија Совиљ, Радо Марковић, Снежана Бојовић, Братислав Јовановић, Биљана Абрамовић, Велизар Станковић, Драгица Тривић, Ђорђе Јанаковић, Весна Мишковић-Станковић, Бранимир Јованчићевић, Мирослав Врвић, уредници часописа Бранислав Николић и Ратко Јанков, представници СХД-ХДВ: Љиљана Јовановић, Светолик Илић, Иван Вранић, Драгослав Стоиљковић и Вера Ђирин Нова. Чланови проширеног Председништва су: Драгомир Виторовић, Живорад Чековић, Јован Јовановић, Мирослав Гашић, Јован Величковић, Боривоје Мишковић, Илија Илић, Драган Синадиновић, Владимир Павићевић, Душанка Петровић-Ђаков, Теодор Аст и Убавка Миоч.

Од марта 2009. године, председница Друштва је Иванка Поповић.

### НАУЧНЕ МАНИФЕСТАЦИЈЕ И ДРУГЕ АКТИВНОСТИ

#### *Годишња Скупштина СХД*

Годишња скупштина одржана је 21. марта 2009. године на ТМФ. Минутом ћутања одата је пошта члановима Друштва преминулим у протеклој години: Смиљани Голубовић и Николи Благојевићу. Прихваћен је предлог председника Шолаје да чланови Кандидационе комисије буду С. Кеврешан, Б. Јовановић и В. Вајс. Извештај о раду СХД у 2008. години поднела је секретар Р. Баошић. Финансијски извештај о пословању Друштва поднео је председник Б. Шолаја. У име Надзорног одбора СХД, извештај је поднела Д. Милић. Усвојен је предлог Председништва да СХД предложи Бранислава Николића као кандидата за дописног члана САНУ. Усвојени су плана рада Друштва у 2009. години, који је поднео потпредседник Ж. Тешић, и финансијски план Друштва за 2009. годину, који је поднео Б. Шолаја. У име Кандидационе комисије, В. Вајс поднела је предлог да за председницу Друштва у следећем мандатном периоду буде изабрана Иванка Поповић. Присутни чланови Скупштине су једногласно изабрали И. Поповић за председницу СХД за следећи двогодишњи период. Такође је прихваћен предлог В. Вајс да Б. Шолаја и даље буде члан Председништва СХД. Б. Шолаја је честитао И. Поповић истакавши да је Друштво у својој 112. години постојања добило први пут жену председника и, до сада, најмлађег изабраног председника. Б. Шолаја је истакао да му је била велика част што је био на челу СХД и захвалио члановима Председништва и Управног одбора на исказаној помоћи током своја два мандата, као и члановима управе и уредницима часописа на успешной сарадњи. Б. Шолаја је изразио посебну захвалност за успешан рад Канцеларије СХД В. Ступљанин. И. Поповић је захвалила на избору. У даљем излагању је нагласила важност подмлађивања Друштва, партнерство са ресорним министарствима и отвореност Друштва за нове активности.



## Свечана скупштина СХД

Свечана скупштина одржана је 8. децембра 2009. године у Свечаној сали САНУ. Председница Друштва, И. Поповић поздравила је присутне и пренела поруку Председништва. Добитник Медаље за трајан и изванредан допринос науци за 2008. годину, Вукадин Леовац, одржао је предавање "Синтеза и структури комплекса мetailа са изохиоосемикарбазидима и изохиоосемикарба-зонима. Мetail-индуковане реакције". Добитник Медаље за прегалаштво и успех у науци за 2008. године Горан Калуђеровић одржао је предавање "Развој антибиоморских комплекса йлайине и друих мetailа". О годишњим наградама и признањима СХД известила је председница Комисије за јавна признања Р. Баошић.

Студентска признања – специјално признање и годишња награда – намењена су најбоље дипломираним студентима хемије и хемијске технологије на универзитетима у Србији, који су дипломирали у периоду од 1. јула претходне године до 30. јуна текуће године. Награђени студенти добијају двогодишње бесплатно чланство у СХД и двогодишњу претплату на *Journal of the Serbian Chemical Society*.

За ову годину носиоци специјалног признања су:  
Данијела Радовић, Технолошко-металуршки факултет, Београд – 9,00

Никола Дудуковић, Технолошко-металуршки факултет, Београд – 9,03

Дејан Кепић, Природно-математички факултет, Нови Сад – 9,03

Ана Рилак, Природно-математички факултет, Крагујевац – 9,03

Маријана Спасенић, Технолошки факултет, Нови Сад – 9,03

Миленко Толић, Технолошки факултет, Нови Сад – 9,03

Дубравка Јамбрец, Технолошки факултет, Нови Сад – 9,06

Сања Новаковић, Технолошки факултет, Лесковац – 9,06

Јована Орашанин, Технолошко-металуршки факултет, Београд – 9,06

Лука Михајловић, Хемијски факултет, Београд – 9,09

Марина Ђендић, Природно-математички факултет, Крагујевац – 9,09

Тијана Јокић, Природно-математички факултет, Нови Сад – 9,11

Марина Хрубик, Природно-математички факултет, Нови Сад – 9,11

Зорица Стојановић, Технолошки факултет, Нови Сад – 9,16

Милан Сенђански, Хемијски факултет, Београд – 9,17

Илија Цвијетић, Хемијски факултет, Београд – 9,17

Драгана Петровић, Технолошко-металуршки факултет, Београд – 9,22

Милица Спасојевић, Технолошко-металуршки факултет, Београд – 9,22

Јована Зечевић, Технолошко-металуршки факултет, Београд – 9,24

Александра Дебељковић, Технолошко-металуршки факултет, Београд – 9,27

Бојана Мојић, Технолошки факултет, Нови Сад – 9,28

Весна Рајић, Технолошки факултет, Нови Сад – 9,28

Ненад Муцић, Технолошки факултет, Нови Сад – 9,31

Мирјана Цветковић, Технолошки факултет, Лесковац – 9,31

Милица Рајилић, Технолошко-металуршки факултет, Београд – 9,33

Сенка Минић, Технолошко-металуршки факултет, Београд – 9,36

Марина Михаић, Технолошки факултет, Нови Сад – 9,38

Љиљана Палангетић, Технолошки факултет, Нови Сад – 9,41

Бранислав Обрадовић, Технолошко-металуршки факултет, Београд – 9,42

Милица Царевић, Технолошко-металуршки факултет, Београд – 9,42

Анђелика Пантелић, Технолошко-металуршки факултет, Београд – 9,43

Ана Стевановић, Факултет за физичку хемију, Београд – 9,43

Душан Величковић, Хемијски факултет, Београд – 9,47

Невена Немет, Технолошки факултет, Нови Сад – 9,47

Бојана Медаковић, Технолошки факултет, Нови Сад – 9,50

Ивана Ђукић, Технолошко-металуршки факултет, Београд – 9,55

Вера Обрадовић, Технолошко-металуршки факултет, Београд – 9,58

Никола Ђурчић, Технолошко-металуршки факултет, Београд – 9,58

Бојана Дамјановић, Факултет за физичку хемију, Београд – 9,67

Драгана Париповић, Технолошко-металуршки факултет, Београд – 9,70

Соња Јаковетић, Технолошко-металуршки факултет, Београд – 9,72

Радован Вукићевић, Технолошко-металуршки факултет, Београд – 9,76

Виолета Марковић, Природно-математички факултет, Крагујевац – 9,83.

Добитници годишње награде СХД, признања које носи и новчану награду, су петоро најбољих студената и то по један са сваког факултета:

Јована Матић, Хемијски факултет, Београд – 9,79

Марина Францишковић, Природно-математички факултет, Нови Сад – 9,83

Катарина Ђирић, Факултет за физичку хемију, Београд – 9,90

Биљана Глишић, Природно-математички факултет, Крагујевац – 9,93

Ивана Вуковић, Технолошко-металуршки факултет, Београд – 10,00.

Финансијски део награде за 2009. годину обезбедили су Природно-математички факултет Универзитета у Новом Саду и Технолошки факултет Универзитета у Новом Саду, на чему СХД захваљује деканима ових факултета.

Друга група признања је проглашавање заслужних и почасних чланова СХД, које се стиче преданом активношћу у Друштву и у доприносима у области хемије. Ове године за почасне чланове Друштва изабрани су Милан Дабовић, Братислав Јовановић, Славко Кеврешан и Богдан Шолаја.

У 2009. години СХД је доделило Захвалнице домаћинима Републичког такмичења из хемије и то: Хемијском факултету Универзитета у Београду као знак признања за подршку организацији Републичког такмичења из хемије за ученике основних школа и Медицинској школи Ужице као знак признања за подршку организацији републичког такмичења за ученике средњих школа.

Додељена су и овогодишња научна признања Друштва за допринос развоју хемијске мисли у нас:

Драгану Манасијевићу – Медаља за прегалаштво и успех у науци, као израз признања за резултате постигнуте у области термодинамике материјала,

Слободану Миловићу – Медаља за трајан и изванредан допринос науци, као израз признања за научна достигнућа у хемији површина и дисперзних система.

У оквиру подсећања на историју хемије, пригодне текстове читала је Снежана Бојовић.

#### 47. Саветовање СХД

Саветовање оје одржано 21. марта 2009. године на ТМФ у Београду. Око 200 учесника учествовало је у раду скупа. У оквиру научног програма одржана су три пленарна предавања и три предавања по позиву. Пленарна предавања:

1. Elena Volanschi, Департман за фичку хемију, Универзитет у Букурешту, Румунија, *Electron transfer reactions of some heteroatomic organic compounds: a spectroelectrochemical approach*.

2. Велимир Попосавин, Департман за хемију, Универзитет у Новом Саду, *Total Synthesis and Preliminary Cytotoxic Assay of Selected Naturally Occurring Styryl Lactones and Analogues Thereof*

3. Жељко Томовић, Albert P. H. J. Schenning и E. W. Meijer, Лабораторија за макромолекулску и органску хемију, Универзитет за технологију Eindhoven Холандија, *Supramolecular architectures based on oligo(pphenylenevinylene) s*

##### Предавања по позиву:

1. Alessandro Pedretti и Giulio Vistoli, Istituto di Chimica Farmaceutica e Tossicologica "Pietro Pratesi", Facolta di Farmacia, Universita degli Studi di Milano, Италија, *Protein modelling by fragmental approach: connecting global homologies with local peculiarities*

2. Снежана Зарић, Хемијски факултет Универзитета у Београду, *New types of noncovalent interactions with  $\pi$ -systems*

3. Karel Vytras и Ivan Švancara, Департман за аналитичку хемију, Факултет за хемијску технологију, Универзитет у Пардубицама, Чешка Република, *Carbon paste electrodes in electroanalytical chemistry*.

На Саветовању је презентовано 141 саопштење у две постерске секције. Изводи предавања и саопштења штампани су у Књизи извода, а проширени изводи радова су објављени на компакт диску. Жири у саставу В. Мишковић-Станковић, М. Врвић и С. Ђилас одабрао је три најквалитетнија постера:

- Издавање сребра на површини хемијски третираног карбон монолита, аутори: Зоран М. Јовановић, Ана М. Калијадис, Марија М. Вукчевић, Зоран В. Лаушевић, Мила Д. Лаушевић,

- Наноконтроли на бази наночестица сребра у поли(*N*-винил-2-пиролидон) хидрогелу добијени *in situ* г-зрачењем, аутори: Жељка С. Јовановић, Александра Н. Кркљеш, Наташа Бибић, Миодраг Митрић, Симонида Љ. Томић, Зорица М. Качаревић-Поповић, Весна Б. Мишковић-Станковић,

- Фениламида(*E*)-4-арил-4-оксо-2-бутенских киселина. Дизајн, антипролиферативна активност 3Д квантитативна студија структуре и активност заснована на алгоритму „AMANDA“ и сличност са једињењима из „механистичког сета“ Националног института за рак САД, аутори: Маја Д. Виторовић-Годоровић, Александра Ерић, Зорица Јурањић Иван О. Јурањић, Бранко Ј. Дракулић.

Аутори ових постера су добитници IUPAC-ових постерских награда за 2009. годину које се у оквиру IUPAC POSTER PRIZE програма додељују на IUPAC-овим конгресима и одабраним националним конференцијама. Награда се састоји од IUPAC-ове дипломе и IUPAC-ове *Green Book (Quantities, Units and Symbols in Physical Chemistry)*.

#### 20. Априлски дани просветних радника

СХД и Хемијски факултет БУ организовали су семинар за наставнике и професоре 21. и 22. априла 2009. године на Хемијском факултету. Учествовало је 230 наставника и професора. Одржана су следећа предавања: Бранимир Јованчићевић: *Од фотосинтезе до бензинске џумје*, Слободанка Антић: *Водич за добар учбеник*, Нина Јевтић и Љубица Перић: *Хемија у Пејници – 25 година искуства*, Иван Гутман: *Из историје хемије*, Веселин Маслак: *Сујрамолекулска хемија - наномолекулске машине*, Вера Дондур: *Катализа и њен значај*, Зоран Васиљевић: *Како се љави накији?* и Наташа Пантић и Драгица Тривић: *Наставничке компетенције*. Све презентације предавања на семинару се налазе на сајту СХД.

#### 45. Републичко такмичење из хемије за ученике основних школа

Такмичење у организацији Министарства просвете и СХД одржано је 16. и 17. маја 2009. године у Београду на Хемијском факултету. Републичка комисија радила је у саставу Веселин Маслак (председник), Снежана Николић, Рада Баошић, Милош Милчић, Ненад Милосавић, Биљана Томашевић, Тамара Тодоровић, Милан Николић, Радојка Ђурђевић, Вера Муждека, Јелена Лазић, Милица Букоровић и Марија Циндрић. Током такмичења одржана су и два предавања за професоре и наставнике: Ј. Кориља, „Животне намирнице на часу хемије“ и Љ. Мандић, „Метаболизам – контрола и регулација“. Учесници такмичења посетили су изложбу „Молекули у тајнама живота и свету око нас“ у Галерији САНУ и природи „Између магије и хемије“ на Хемијском факултету у оквиру манифестације „Ноћ музеја“. Комплетни резултати такмичења налазе се на сајту [www.mojahemija.org](http://www.mojahemija.org).

#### 45. Републичко такмичење из хемије за ученике средњих школа

Такмичење у организацији Министарства просвете и СХД одржано је 23. и 24. маја 2009. године у Ужицу. Домаћин је била Медицинска школа Ужице. У организацији, припреми и спровођењу такмичења учествовали су Душан Сладић, Драгица Тривић, Нико Радловић, Зоран Вујчић, Ђенђи Ваштаг, Горан Роглић, Татјана Божић, Ирена Новаквић, Александра Миловановић, Срђан Туфегдић, Мирослава Вујчић и Радојка Ушћумлић. Школа домаћин је једна од најмодернијих и најбоље опремљених школа у Србији и организација такмичења је била беспрекорна. Комплетни резултати такмичења налазе се на сајту [www.mojahemija.org](http://www.mojahemija.org).

#### Изложба „Молекули у тајнама живота и свећу око нас“

Хемијски факултет БУ је под покровитељством САНУ организовао ову изложбу у Галерији САНУ од 12. маја до 26. јуна 2009. године. На изложби су представљени важни природни молекули, молекули који се осећају чулима мириса и укуса, протеински молекули живота, молекули кретања, ензими, нуклеинске киселине, лекови, као и материјали и хемијски производи који се примењују у свакодневном животу. Изложбу је пратио и Каталог са 23 есеја о изложеним класама молекула.

#### Семинар „Енергија и животно средина“

Семинар је одржан 19. јуна 2009. године на ТМФ у Београду. У раду скупа је учествовало око 70 слушалаца. Одржана су следећа предавања:

Јирген Х. Екснер (Jurgen H. Exner), „Развијање глобалне етике животне средине“,

Марк А. Нани (Mark A. Nanny), „Депоније: од отпада до ресурса“,

Дионисиос Д. Дионисију (Dionysios D. Dionysiou), „Нанотехнологије пријатељске према животној средини за третман воде загађене цијанобактеријама: примена, реакциони интермедијери, токсиколошке студије“;

Томислав Павловић, „Савремена достигнућа у области соларне енергетике“;

Драгана Ђорђевић, „Емисија честица у атмосферу као последица добијања енергије из фосилних горива“;

Бојан Ковачић, „Енергетска ефикасност и обновљиви извори енергије у функцији одрживог развоја државе“;

Ратко Кадовић, „Потенцијали шума у функцији заштите животне средине и обновљиве енергије“;

Александар Поповић, „Загађење животне средине у околини србијанских електрана – резултати добијени испитивањима на Хемијском факултету БУ“;

Бојан Радак, „Нуклеарна енергија – кандидат за спас климе“;

Драгољуб Дабић, „Квалитет ваздуха и возни парк у граду Панчеву“;

Мила Пуцар, „Примена енергетске ефикасности и обновљивих извора енергије у циљу заштите животне средине“;

Драган Веселиновић, „Основни узроци загађења животне средине“.

Прва три предавача су представници Секције за заштиту животне средине Америчког хемијског друштва са којим СХД сарађује у овој области.

**Радионица „Није отпад свака амбалажа, научи шта је рециклажа“.** Заједно са компанијом Мерима-Хенкел и ТМФ у Београду, СХД је током 2009. организовало интерактивну радионицу за ученике О.Ш. „Ослободиоци Београда“. Након тродневне радионице на ТМФ у којој је учествовало 30 ученика, у другој фази је организована вршњачка едукација у којој је обуку прошло преко 400 ученика. Циљ радионице био је да се подигне свест ученика о заштити животне средине и рационалном коришћењу ресурса. Радионицу су водили Бојана Вукадиновић и Ненад Јанковић.

#### РАД ПРЕДСЕДНИШТВА И УПРАВНОГ ОДБОРА СХД

Председништво је у 2009. години одржало седам састанака (24. фебруара, 19. марта, 24. јуна, 17. септембра, 22. октобра, 25. новембра и 21. децембра), а Управни одбор је дан састанак (29. октобра).

На састанцима Председништва и Управног одбора расправљало се о текућим активностима Друштва, разматрани су извештаји о одржаним манифестацијама СХД, као и организације предстојећих манифестација, извештавано је о сарадњи Друштва са Европском асоцијацијом за хемију и молекуларне науке (EuChemS) и другим асоцијацијама хемичара, расправљало се о публикацијама (JSCS и Хемијски преглед), финансирању и раду секција и подружница. Такође, расправљано је о кадровским питањима и сарадњи са осталим хемијским друштвима. У вези са међународном сарадњом, председница Поповић је подсетила да је после дугогодишњих контаката потписан уговор СХД и Секције за заштиту животне средине Америчког хемијског друштва. Представници ове Секције АХД били су предавачи на Семинару „Енергија и животна средина данас“ (19. јуна о.г.), а наш представнички тим био је њихов гост средином августа у Вашингтону. Председница Поповић је обавестила да је током боравка у Паризу имала контакте са представницима фирме „Веолиа“, која се бави третманом воде, а заинтересовани су да буду један од спонзора Конференције EUROANALYSIS 2011. године, као и да финансијски помогну JSCS. Дискутовало се о припреми 48. Саветовања СХД. За председника Научног одбора 48. Саветовања СХД поново је изабран је Р.Марковић, а Организационог одбора Славко Кеврешан,

#### Journal of the Serbian Chemical Society (JSCS)

Током 2009. године часопис су уређивали главни и одговорни уредник Бранислав Николић и заменик уредника Душан Сладић. Часопис је редовно излазио. Изашло је 12 свезака са укупно 131 радом на 1516 страна. У укупном броју аутора, 37 % је иностраних. Импакт фактор часописа у 2009. години је био 0,611, у односу на 0,536 у 2008. години.

#### Хемијски њреплед

Главни и одговорни уредник је Ратко Јанков. У оквиру јубиларног 50. годишта (које је издavano током 2009. године) Редакција Хемијског њрепледа је задржала досадашњу уредничку праксу публикаовања информативно-стручних радова, у оквиру шест предвиђених појединачних бројева. Током целе године, у оквиру издатих бројева, публиковано је 18 ауторских чланака домаћих аутора из разних области хемије. Годиште 50. Хемијског њрепледа изашло је на укупно 168 страница; при чему је ове године сваки број Хемијског њрепледа излазио на 28 страница.

#### Чланарина и ѡрепйлаша на ѡубликације

Висина чланарина и претплате на публикације за 2009. годину била је:

Чланарине за запослене	1.400,00
за пензионере, студенте и незапослене	600,00
за чланове у иностранству	40 €
Претплата на JSCS за запослене чланове	2.000,00
за пензионере, студенте и незапослене чланове	850,00
за институције	12.000,00
за чланове у иностранству	50 €
за нечланове и институције у иностранству	150 €
Претплата на Хемијски преглед за школе и остале институције	3.000,00
за институције у иностранству	50 €

#### РАД ПОДРУЖНИЦА ДРУШТВА

##### Подружница у Трстенику

У протеклој години у подружници СХД у Трстенику су одржана три састанка.

Први састанак одржан је 24.01.2009. у ОШ “Попински борци” у Врњачкој Бањи. Састанку су присуствовали чланови Подружнице, као и одабрани ученици седмог и осмог разреда из Трстеника и Врњачке Бање. На састанку је члан СХД из Лесковца, Жарко Бјелетић, одржао два предавања на теме: “Укрштеницама кроз хемију” и “Хемија у поезији и поетизација хемије”. Други састанак Подружнице одржан је 03.10.2009. у ОШ “М.Ч. Чајка”. Одржана су предавања на тему: “Боје које Рану боје” – предавач Душанка Милојковић Опсеница и “Маларија – стара болест, нови изазови” – предавач Дејан Опсеница. Изабрано је и ново руководство – Председник Василије Планић, заменик – Војкан Добричић, секретар: Марија Зечевић и председник Наставне секције: Весна Стојиљковић. Трећи састанак је одржан 27.11. 2009. године у ОШ “М. Ч. Чајка”. Састанку су присуствовали чланови подружнице из Трстеника и Врњачке Бање, као и наставници са подручја Крушевца и Варварина. Састанак је одржан поводом семинара под називом “Хемија у три димензије” у организацији друштва “Креативно учење хемије” из Београда.

##### Подружница Бор

У 2009. години Председништво Подружнице ради у следећем саставу: председник Нада Штрбац, секретар Лидија Гомицеловић, чланови Председништва су: Велизар Станковић, Драгана Живковић, Ана Костов и Драган Манасијевић. Подружница у Бору је током 2009. године организовала два предавања и то:

Милан Антонијевић - 15.01.2009. год. , Значај еколошке едукације и Бојан Вучинић - 25.05.2009. год., Активуелни



тирендови у производњи челика. Подружница је 28.09.2009. године проследила Жирију за награде предлог са образложењем за Драгана Манасијевића, за Медаљу за прегалаштво и успех у науци. Свечаној скупштини СХД одржаној 8. децембра 2009. године у Београду, су присуствовали Драган Манасијевић, Драгана Живковић и Нада Штрбац, а Драган Манасијевић је добитник Медаље за прегалаштво и успех у науци. Годишња Скупштина Подружнице је одржана 17.03.2010. год. Скупштини је присуствовало 23 члана. Усвојено је да председништво настави рад у истом саставу, с тим да буде проширено са још једним чланом, Љубишом Балановићем. Након Годишње скупштине, организовано је предавање под називом "Могућности лужења полиметалчних Pb-Zn-Cu концентрата сумпорном киселином у присуству одабраних оксиданаса", предавач: др Мирослав Сокић.

## РАД СЕКЦИЈА ДРУШТВА

### Наставна секција

Радам Наставне секције СХД-Београд је током 2009. год, руководила, као председник, Милка Костић у сарадњи са замеником председника Мирјаном Ивин и секретаром Анитом Стојчевски. Током 2009. године је од планираних 9 одржано је 9 састанака Наставне секције. На састанцима је број присутних наставника хемије био променљив и кретао се од 15 до 70. Садржаји састанака и активности су били разноврсни:

-Одржана су предавања професора Хемијског факултета БУ намењених ученицима и наставницима хемије средњих школа. Предавања су одржана у Петој београдској гимназији по следећем распореду:

10.02. 2009., „Француски парадокс-хемијски аспект“, Маја Натић

24.02. 2009., „Примена комплексних једињења у лечењу малигну оболена“, Сања Гргурић-Шипка

10.03. 2009., „Дуготрајне органске загађујуће супстанце“, Иван Гржетић

24.03. 2009., „Како до квалитетног бензина“, Бранимир Јованчићевић

14.04. 2009., „Алергије и изазивачи алергије“, Марија Гавровић

28.04. 2009., „Хемијске карактеристике атмосферског омогача Земље“, Петар Пфендт

12.05. 2009., „Конзерванси-за и против“, Јелена Трифковић

20.05. 2009. год. одржано је квиз такмичење ученика средњих школа на коме су била питања из одслушаних предавања. Прво место је освојила екипа Пете београдске гимназије. Друго место је освојила екипа Осме београдске гимназије. Треће место су освојили ученици Медицинске школе са Звездаре. Награде је донирао Хемијски факултет БУ.

24.09. 2009 год. је у Четвртој гимназији у Београду Драгана Милић одржала предавање „Силикони“ чиме је отпочела серија нових предавања.

На састанцима:

- је Младен Стојановић, студент ХФ, имао излагање „Фулерени“.

- „Кварк медиа“ је имала презентацију активног учења хемије седмог и осмог разреда помоћу рачунара под називом „Интерактивни електронски уџбеници“.

- су дати извештаји са општинских и градских/ међуокружних такмичења из хемије за ученике основних и средњих школа.

- су анализирани резултати градског такмичења из хемије ученика средњих школа

- су додељене дипломе и похвалнице ученицима основних школа за освојена прва три места на Градском такмичењу из хемије

- се дискутовало о програму наставе хемије седмог и осмог разреда. Драгица Тривић је дала конкретне предлоге за реализацију програма и наставе хемије у осмом разреду.

- је представљена изложба „Молекули у тајнама живота и свету око нас“

- су ученици ОШ „Стеван Синђелић“ под руководством наставника хемије Вере Љубисављевић извели рецитал „На атомској модној писти“ аутора Радомира Матића, наставника хемије гимназије „Светозар Марковић“ у Суботици

- су презентовани акредитовани семинари Завода за унапређење образовања и васпитања

- је Игор Матијашевић имао излагање под називом „Процена знања основних хемијских појмова ученика средњих школа“

- је представљен едукативни вебсајт о хемији „Хемија кроз експерименте“, Филип Бихеловић.

### Секција за Аналитичку хемију

Председник Секције је Славица Ражић.

Активности Секције за Аналитичку хемију су и даље у потпуности биле усмерене ка припремама за конференцију EUROANALYSIS XVI у Београду 2011. год.

Годишњи састанак Аналитичке секције EuCheMS-a одржан је 06.09.2009., са унапред утврђеним дневним редом. Поднет је извештај о току припрема за конференцију EUROANALYSIS 16, која ће се одржати у септембру 2011. у Београду. Договорено је да се интернет страна конференције активира последњег дана EUROANALYSIS 15. Осим тога упућен је предлог, после претходних консултацијама са председницима СХД-а и DAC-EuCheMS-a, да састанци Председништва EUROANALYSIS конференција и Председништва DAC-EuCheMS-a буду одржани 27 и 28. марта 2010. године у Београду. То је у складу са уобичајеном праксом да се, 18 месеци пре одржавања конференције, посети земља домаћина и на лицу места провери статус припрема и дискутују даљи планови.

Другог дана конференције EUROANALYSIS 15, Славица Ражић је одржала предавање у оквиру научног програма, а у секцији *Education in Analytical Chemistry* под насловом: „*Model Case Study: Basic Chemometric Approach to the Determination of Metal Content in Some Environmental Samples*“. Током конференције је успостављена комуникација са већином излагача опреме и издавачима, о њиховом потенцијалном учешћу на конференцији у Београду.

Одржан је састанак са уредником издавача *Cyrius*, Стефен Паулијем, о могућностима спонзорисања EUROANALYSIS 16. Договорено је да спонзорисање укључи: два огласа у водећем часопису *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, наградно предавање „Роберт Келнер“, које бира специјални жири DAC-EuCheMS-a, постерске награде и специјално издање часописа *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, посвећено конференцији у Београду, које ће бити објављено у мају 2011. године. У складу са традицијом, Славица Ражић је позвана да буде гост уредник тог издања. У наредном периоду председник секције остаје Славица Ражић и као секретар Светлана Ђого.

### Електрохемијска секција

Председник секције је Весна Мишковић-Станковић.

Током 2009. године Електрохемијска секција је одржала два састанка, од којих је годишњи састанак, одржан 2. фебруара 2010. године. На састанцима током 2009. године су одржана следећа предавања:

Радослав Атанасоски, 3M Corporate R&D – Fuel Cell Program, St. Paul, Minnesota, САД: “PEM Fuel Cells: Focus on Durability“

Маја Обрадовић, ИХТМ-ЦЕХ: „Електрохемијске карактеристике угљеничних наноцеви и угљеника XC-72R и њихова примена као носача Pt катализатора“

На састанцима је било присутно просечно око 30 чланова Секције. На годишњем састанку су изабрани и нови председник Секције, Владимир Јовић, и нови секретар Секције, Маја Обрадовић, за период 2010.-2012. године.

У 2009. години чланови Електрохемијске секције су учествовали у раду следећих скупова: 47. Саветовања СХД, са 10 радова (8 у целини и 2 у изводу); both Annual Meeting of the International Society of Electrochemistry (ISE), одржаном у Пекингу, Кина, и XI YUCORR Конференције на Тари.

У 2010. години су предвиђене следеће активности: чланови Секције ће учествовати у организацији и раду 2nd Regional Symposium on Electrochemistry of South-East Europe (RSE-SEE у Београду и предстоје интензивне припреме за организацију овог међународног скупа; 61st Annual Meeting of the International Society of Electrochemistry (ISE), које ће се одржати у Ници, Француска, и XII YUCORR Конференцији на Тари.

#### Секција за хемију и технологију влакана и текстила.

Председник Секције је Маја Радетић

Годишњи састанак Секције одржан је 16.03.2010. године. Састанку је присуствовало осам чланова Секције. Дискутовано је о раду чланова Секције у претходној години и констатовано је да се он углавном одвијао кроз учешће чланова на научним конференцијама у земљи и иностранству. У оквиру Секције Марија Горјанц одржала је 16.04.2010. предавање "Кратка презентација педагошке активности и истраживања" (Универзитет у Љубљани, Природно-технолошки факултет, Текстилни одсек) Планирано је да у 2010. години предавања одрже чланови Секције који су тренутно на студијским боравцима у иностранству.

#### Секција за керамику

Председник Секције је Бранко Матовић.

На 47. Саветовању Српској хемијској друштва одржано је Такмичење младих истраживача у оквиру Секције за керамику, на коме је Ивана Вељковић представила рад „Titanium oxides“ и освојила прво место. Пошто је ово такмичење било изборно такмичење за представника наше земље на Европском такмичењу Student Speech Contest у оквиру 11th International Conference and Exhibition of the European Ceramic Society, 21–25. јун, 2009, у Кракову, Пољска, Ивана Вељковић је представљала Србију на том такмичењу. Од осталих предавања одржано предавање Ненада Игњатовића

„Нано-честични композитни биоматеријали на бази керамике и полимера у инжењерству коштаног ткива“ 21. 10. 2009.

#### Секција за хемију и заштитну животне средине

Председник Секције је Бранимир Јованчићевић, а секретар Александра Михајлиди-Зелић.

Најзначајније активности Секције за у 2009. години су посета председника Српског хемијског друштва и представника Секције за хемију и заштиту животне средине Српског хемијског друштва Америчком хемијском друштву, и организација семинара „Енергија и заштита животне средине данас“.

На позив Секције за хемију животне средине (Division of Environmental Chemistry) Америчког хемијског друштва (АХД) (American Chemical Society, ACS) у посету Вашингтону ради учествовања на 238<sup>th</sup> National Meeting of the American Chemical Society били су Иванка Поповић, Бранимир Јованчићевић и Александра Жујић.

Координатори ове посете били су Јурген Ехнер (Jurgen Exner), председник Секције за хемију животне средине АХД, Џорџ Коб (George Cobb), Department of Environmental Toxicology, Texas Tech University и Мери Екнер (Mary Exner), JHE Technology System, Inc. Програм посете био је врло интензиван укључио је већи број састања са управом и утицајним члановима Америчког хемијског друштва. Иванка Поповић представила је активности СХД на седници Управног одбора АХД у оквиру радног дела посвећеног међународној сарадњи заједно са председником EuChemS, извршним директором Друштва немачких хемичара, председником Корејског хемијског друштва, председником Мексичког хемијског друштва и председником Royal Society of Chemistry. Могућности сарадње у оквиру области заштите животне средине размотрени су са претходним председницима Секције за хемију животне средине АХД: Питером Дорхоутом (Peter K. Dorhout), Colorado State University, Дином Адамсом (Dean Adams), University of Nevada, и Кенетом Смитом (Kenneth Smith), Multi-Pure, Las Vegas. О општим оквирима сарадње вођен је необично дуг и разноврстан разговор са председником АХД за 2009. годину Томасом Лејном (Thomas Lane) и Бредли Милером (Bradley Miller), директором за међународне активности АХД. О могућностима сарадње у истраживању у области заштите животне средине одржан је састанак са следећим члановима АХД: Дионисиос Дионисију (Dionysios Dionysiou), University of Cincinnati, Пол Бишоп (Paul Bishop), National Science Foundation, и Сухаил Ал-Абед (Souhail R. Al-Abed), Cincinnati, Environmental Protection Agency. Делегација СХД упознала се и са Џозефом Франсиском (Joseph Francisco), председником АХД за 2010. годину и Ненси Џексон (Nancy Jackson), тада кандидаткињом, а сада изабраном председницом АХД за 2011. годину.

У оквиру једне посебне секције на симпозијуму посвећеној међународној активности АХД у оквиру заштите животне средине, представљена су три из Србије:

- Иванка Поповић, *The long road to sustainability: Recycling trends in Serbia*,
- Бојан Радак, Александра Жујић, Љубиша Игњатовић, *Advanced air quality indexing in a transition economy city: The Belgrade example* и
- Бранимир Јованчићевић, Мирослав Врвић, Малиша Антић, Татјана Шолевић, Мила Илић, Милан Новаковић, *Investigation of bioremediation potential of bacteria and fungi for petroleum degradation in soil*.

У оквиру посете делегација СХД је такође била и гост Агенције за заштиту животне средине (Environmental Protection Agency, EPA), где су посебно разматране могућности едукације младих из области заштите животне средине. Разговору су присуствовали: Ингрид Сунзенауер (Ingrid Sunzenauer) и Џејмс Хетрик (James Hetrick), Office of Pesticide Programs, и Томас Стигер (Thomas Steeger), Environmental Fate and Effects Division. Посебно дугачак и плодан разговор вођен је са Мери Кирхоф (Mary Kirchhoff) директорком одсека за образовање АХД (Education Division) о сарадњи у припреми стандардних едукационих пакета за ученике основних школа са једноставним хемијским огледима на бази хемијских средстава расположивих у домаћинству. Представници АХД су на свим службеним и неслужбеним састанцима изразили спремност да подрже сарадњу са СХД и исказали изузетну љубавност и гостопримство.

У 2009. години секција је одржала један састанак. На састанку је дискутовано о организацији семинара „Енергија и животна средина данас“, а чланови секције су такође били обавештени о позиву Секције за хемију животне средине Америчког хемијског друштва представници-

ма Српског хемијског друштва за посету САД. На састанку који је одржан 5. фебруара 2010. године покренута је иницијатива да се у сарадњи са Америчким хемијским друштвом у првој половини 2011. године организује симпозијум. На овом састанку за председника секције изабран је Бојан Радак, а за секретара Дубравка Миловановић.

#### Секција хемију макромолекула

Председник Секције за хемију и технологију макромолекула је Јасна Ђонлагић, а секретар Мелина Калагасидис-Крушић

Током 2009. године је одржано пет састанака Секције у оквиру којих су одржана следећа предавања:

Јована Радуловић, Institute for Materials and Processes, School of Engineering, University of Edinburgh, Велика Британија, „Квашење хидрофобних површина растворима површински активних суспенсија“, 15. 06. 2009.

Зоран Петровић, Kansas Polymer Research Center, Pittsburg State University, Pittsburg, Kansas, САД, „Полиоли и полиуретанске пене на бази елицерина“, 25. 09. 2009.

Петар Дворнић, Molecular Institute, Midland, Michigan, САД, „Дендритски полимери на бази силицијума“, 02. 10. 2009.

Немања Милетић, Универзитет у Хронингену, Хронинген, Холандија, „Биокапсуларизатори – засновани на имобилизацији ензима на макропорозним полимерним носачима“, 08. 10. 2009.

Александра Јеличић, Институт за хемију, Универзитет у Потсдаму, Немачка, „Кинетика радикалне полимеризације метакрилног мономера у јонским течностима“, 23. 12. 2009.

Годишњи састанак Секције је одржан 5. марта 2010. Ј. Ђонлагић је 12. 07. 2009. године присуствовала годишњем састанку представника хемијских друштава Европске полимерне федерације у Грацу. На састанку су били изабрани нови председник (Шпанија) и секретар Европске полимерне федерације (Словенија) за наредни двогодишњи период (2010-2012), а такође су биле разматране предстојеће активности ЕПФ-а. Затим је договорено да досадашњи председник и секретар Секције за макромолекуле буду реизабрани за наредни период од две године.

#### ИЗВЕШТАЈ О РАДУ СХД-ХЕМИЈСКОГ ДРУШТВА ВОЈВОДИНЕ

На Скупштини Српског хемијског друштва-Хемијског друштва Војводине одржане 28.05.2009. изабрано је ново руководство Друштва. Активности су се током 2009. г. одвијале у правцу организовања Друштва и омасовљавања чланства. Као резултат ажуриран је списак чланова, а број чланова је увећан за дванаест, претежно млађих сарадника. Предузети су кораци да се интернет сајт Друштва редовно ажурира, а истовремено је закључено да је потребно васпитавати чланство на овакав начин информисања и комуникације.

Такође је учињен напор у циљу интензивирања постојећих и иницирања организовања и рада нових секција. Препреке на које се у овоме наилази манифестују се у пасивности чланова појединих секција/области. Код појединих старијих чланова осећа се засићење те је очигледна потреба за подмлађивањем носилаца активности рада секција. Очигледан пример је секција за Заштиту животне средине, која има највећи потенцијал имајући у виду број истраживача који се овом проблематиком веома успешно баве на различитим нивоима (науке и примене). Слична је ситуација и у случају Секције за хемију и технологију хране, која на Технолошком факултету и на Институту за прехранбене технологије има више него афирмисан кадар који би требало да буде заинтересован за рад Секције. Уложени напор од стране руководства Друштва да се ове

секције активирају до сада није дао резултат. Проблем је у неагилности старијег чланства које се правда недостатком времена, а истовремено у уступању преузимања водеће улоге од стране млађих и заинтересованих.

Знатан део активности у протеклом периоду био је усмерен на организацију 48. Саветовања СХД, које се одржава на Технолошком факултету у Новом Саду 17-18. априла ове године. Предузети су ванредни напори да се овај скуп искористи за хомогенизацију чланства СХД, а СХД-ХДВ представи као добар домаћин.

#### РАД ПОДРУЖНИЦА СХД-ХДВ

##### Подружница у Суботици

Чланови су у протеклој години радили на афирмацији и приближавању хемије младима. Већи број ученика је учествовао на такмичењима, у својим школама, а исто тако и на Окружном такмичењу, марта 2009.г. за основне и 21.3.2009.г. за средње школе. Прво место на републичком такмичењу средњих школа освојио је ученик Игор Урошевић из Хемијско-технолошке школе у Суботици, са којим се пласирао на међународно такмичење „GRAND PRIX CHIMIQUE“ у Елвангену, Немачка, 5-9. октобра 2009.г. На овом такмичењу учествовало је 22 такмичара из 11 земаља, а Игор Урошевић освојио је 12. место.

Иванка Поповић је одржала предавање „Рециклажа полимерних материјала“. Након предавања одржан је састанак Подружнице са гостима из Средње пољопривредне школе из Бачке Тополе и више средњих и основних школа из Суботице.

##### Подружница у Зрењанину

Рад Подружнице одвијао се у неколико сегмената. Одржана су следећа предавања:

24.4.2009.г. Милица Укропина, "О витаминима", 07.5.2009.г. Срђан Пењивраг, "Планетарна истраживања", 26.01.2010.г. Војин Грковић, "Енергија и друштво, и 26.02.2010.г. Љубиша Игњатовић, "Јонска хроматографија".

У сарадњи са основним школама, Културним центром Зрењанин и Високом школом струковних студија, одржане су еколошке радионице, на којима је учествовало 375 ученика основних и 280 матураната из Хемијско-прехранбене и Текстилне школе. Обухваћене су следеће теме: „Загађење и заштита животне средине“, „Узорковање и анализа отпадних вода“, „Пречишћавање отпадних вода“, „Отпад, раздвајање и рециклажа – Направи сам свој рециклирани папир“, „Настајање киселих киша и њихов утицај на материјале и биљни свет“, „Аерозагађења“, „Отпад, раздвајање и третмани (компостирање, рециклажа)“, „Екологија и заштита животне средине“.

Подружница је подржала пријаву програма за стручно усавршавање наставника на тему: "Амбалажа, отпад, рециклажа". Одржано је општинско такмичење за ученике основних школа 06.3.2010.г, а одвијају се припреме за међуокружно такмичење ученика средњих школа.

##### Секција за материјале

Ово је традиционално једна од најактивнијих секција СХД-ХДВ, са великим бројем предавања на којима увек присуствује велик број слушалаца. У 2009. години је Секција имала пет састанака на којима је одржано шест предавања:

1. "Electron Microscopy: The basics", 06.03. 2009.,
2. "Structural characterization of materials in the nanometre scale with the use of TEM" 06.03.2009.
3. "New Materials for Nanoelectronics", 09.03.2009.

Прва три предавања је одржао Konstantinos P. Giannakopoulos, Electron Microscopy Laboratory, Institute of Materials Science, National Centre for Scientific Research

"Demokritos", Patriarchou Grigoriou & Neapoleos, Атина, Грчка

4. „Полиестери на бази мономера од биљних уља“, Зоран Петровић, Kansas Polymer Research Center, Pittsburg State University, Pittsburg, Kansas, САД, 23. 09. 2009.

5. "Hybrid organic-inorganic epoxy-based nanocomposites", Milena Spirkova, Institute of Macromolecular Chemistry of Academy of Sciences, Праг, Чешка Република, 30.09.2009.

6. "Characterization of nanostructured materials by atomic force microscopy", Milena Spirkova, Institute of Macromolecular Chemistry of Academy of Sciences, Праг, Чешка Република, 01.10.2009.

#### Секција за катализу

Током 2009. године секција се састала четири пута, којом приликом су одржана следећа предавања:

Ерне Киш, „Еколошка Кизнетс-ова крива и емисија уљендиоксида у зњмљама Европске уније и Србији“, октобар 2009.

Ференц Киш, „Анализа животног циклуса производа – могућности и изазови методологије на примерима биоотрива“, децембар 2009.

Ralph Kraehnert, Technical University of Berlin, Department of Chemical Engineering, Берлин, Немачка, "Towards a rational design of catalytic coatings: A synthesis toolbox for noble metals supported on metal oxides with templated pore structure", децембар 2009.

Станислав Јашо, Technical University of Berlin, Department of Chemical Engineering, Берлин, Немачка, „Оксидативно каталогизација метана – од лабораторије до

индустријске праксе (Искусства истраживања на ТУ Берлин)“, децембар 2009.

#### Секција за аналитичку хемију

Секција је имала следеће активности:

Чланови секције су учествовали у организацији 48. Саветовања СХД. Чланови секције преко ПМФ у Новом Саду учествују у европском образовном циклусу CEEPUS II под насловом „Education of Modern Analytical and Bioanalytical Methods“.

#### Секција за органску хемију

У оквиру секције одржано је једно предавање:

Саша Антонијевић, University of California, Berkeley, Department of Chemical Engineering, Berkeley, САД, „Каталогизација органских материјала у чврстом стању НМР селективском методом“.

#### БИБЛИОТЕКА СХД

Библиотека има 24.082 свезака часописа, 1.787 инвентарисаних годишта часописа чија је вредност 1.782.220 динара и 777 инвентарисаних књига. Од тога је 2009. години приновљено у вредности од 255.700 динара и инвентарисано је 22 годишта часописа. Приновљени часописи по земљама су из: Бугарске (2 наслова), Француске (1), Хрватске (1), Индије (1), Јапана (2), Казахстан (1), Мађарске (2), Пољске (2), Румуније (4), Русије (2), САД (1), Словеније (1), Украјине (2). У 2009. години није добијена ниједна књига. Извештаји су послати Универзитетској библиотеци „Светозар Марковић“ и Заводу за информатику и статистику.

#### ФИНАНСИЈСКИ ИЗВЕШТАЈ ЗА 2009. ГОДИНУ

Укупни приходи остварени у 2009. години	7.817.261,21	100%
Укупне приходе чине:	Износ	% у односу на укупан приход
приходи остварени од Министарства науке	2.501.139,00	32,00
приходи од суфинансирања часописа од стране факултета и института	1.380.111,10	17,65
приходи од котизација	904.573,99	11,57
приходи од чланарина	833.392,43	10,66
приходи од претплата на часописе	386.866,82	4,95
приходи од Министарства просвете	650.375,00	8,32
приходи од спонзорства и донација	1.052.223,65	13,46
приходи од услуга на тржишту, приходи од камата и позитивне курсне разлике	108.579,22	1,39
Укупни расходи остварени у 2009. години	7.815.332,22	100 %
Укупне расходе чине:	Износ	% у односу на укупне расходе
зарада запосленог са порезима и доприносима	1.012.958,00	12,96
превоз запосленог	23.944,00	0,31
ауторски хонорари (уредништво JSCS, уредништво XII, лектура, израда повеља)	2.240.853,00	28,67
рад преко омладинске задруге	500.164,82	6,40
књиговодствене услуге	182.000,00	2,33
штампање часописа	1.251.387,01	16,01
канцеларијски и други потрошни материјал	226.632,86	2,90
трошкови поштарине	693.188,30	8,87
трошкови телефона	17.935,47	0,23
трошкови такси и другог превоза (аутобуски превоз за чланове Управ. одбора из унутрашњости)	83.825,06	1,07
трошкови одржавања опреме	21.800,00	0,28
трошкови репрезентације	260.205,22	3,33
трошкови таксе	12.470,00	0,16
банкарске услуге	24.585,97	0,31
огласи у дневној штампи	13.892,42	0,18
службена путовања у земљи (за чланове Републичких комисија за такмичења из хемије) и иностранство (по решењима и уплаћеним средствима Министарства науке)	467.852,64	5,99
награде најбољим студентима и награде за Републичко такмичење из хемије	96.391,65	1,23
трошкови амортизације	106.786,62	1,37
штампање диплома, постера и др	61.932,93	0,79
остали ситни трошкови	516.526,25	6,61

Бранко Дуњић  
Иванка Поповић