СХД 1897

'17

ХЕМИЈСКИ ПРЕГЛЕД

год. 58
бр. 1 (фебруар)

YU ISSN 04406826
UDC 54.011.93

српско хемијско друштво

ХЕМИЈСКИ ПРЕГЛЕД CHEMICAL REVIEW

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

Volume 58
NUMBER 1
(February)

Publisher
SERBIAN CHEMICAL SOCIETY
Belgrade/Serbia, Karnegijeva 4

Годиште 58

број 1
фебруар

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, Наталија Половић и Воин Петровић

УРЕЂИВАЧКИ ОДБОР

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

Годишња чланарина, укључује часопис „Хемијски преглед", за 2016. годину износи:
- за све запослене 1.800,00
- за професоре у основним и средњим школама..... 1.000,00
- за пензионере, студенте, ђаке и незапослене.....800,00
- претплата за школе и остале нституције..... 3.500,00
- 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: hempr_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
www.ratkovicdesign.net
office@ratkovicdesign.net

САДРЖАЈ

Иван ГУТМАН
Ivan GUTMAN
НАЈТЕЖИ ХЕМИЈСКИ ЕЛЕМЕНТИ ДОБИЛИ ИМЕНА
THE HEAVIEST ELEMENTS RECEIVED NAMES _____ 2

Милица М. ТОДОРОВСКА, Ружица С. НИКОЛИЋ, Ненад С. КРСТИЋ
Milica M. TODOROVSKA, Ružica S. NIKOLIĆ, Nenad S. KRSTIĆ
БИОЛОШКИ ЗНАЧАЈ СЕЛЕНА
BIOLOGICAL IMPORTANCE OF SELENIUM _____5

Душан ЋОЋИЋ, Биљана ПЕТРОВИЋ
Dušan ĆOĆIĆ, Biljana PETROVIĆ
ЧЕСТИЦЕ У ВАЗДУХУ - АТМОСФЕРСКИ ЗАГАЂИВАЧИ
PARTICULATE MATTER – ATMOSPHERIC POLLUTANTS ____9

ВЕСТИ из ШКОЛЕ / ВЕСТИ за ШКОЛЕ

Тамара ПРЕМОВИЋ, Мила ТОМОВИЋ, Аница ГРАЧАНИН
Tamara PREMOVIĆ, Mila TOMOVIĆ, Anica GRAČANIN
ПРИМЕНА *PLTL* МЕТОДЕ – МЕТОДЕ ИСТРАЖИВАЧКОГ ГРУПНОГ УЧЕЊА ХЕМИЈЕ НА ПРЕДМЕТУ ОПШТА ХЕМИЈА
APPLICATION PLTL METHODS - METHODS RESEARCH GROUP STUDY OF CHEMISTRY (IN THE CASE OF GENERAL CHEMISTRY) _____ 15

ВЕСТИ ИЗ СХД
АПРИЛСКИ ДАНИ О НАСТАВИ ХЕМИЈЕ _____ 19
ИЗВЕШТАЈ О РАДУ СРПСКОГ ХЕМИЈСКОГ ДРУШТВА У 2016. ГОДИНИ _____ 20

ХП УВОДНИК

Корице које смо спремили за педесетосмо годиште *Хемијског прегледа* ће вас подсетити да је ово година у којој Српско хемијско друштво слави јубилеј. Пре 120 година, **15. новембра 1897.** године према Јулијанском календару (27. новембра по Грегоријанском), у згради Државне хемијске лабораторије (данас зграда Института за хемију технологију и металургију у Његошевој улици број 12) у Београду, састало се једанаест београдских хемичара. Претходног дана, 14.(26.) новембра 1897, они су **од др Марка Лека**, професора Велике школе (касније Универзитета) у Београду и управника Државне хемијске лабораторије **примили позив за састанак на којем би**, као што је у позиву написано његовом руком, "**покренули питање оснивања Српског хемијског друштва**". Све ове податке о овоме, а и много више, наћи ћете на сајту СХД, тако да смо ове године без рубрике *Прича са корица* на страницама *Хемијског прегледа*.

* * *

28. новембра 2016. године, Међународна унија за чисту и примењену хемију (International Union of Pure and Applied Chemistry, IUPAC) донела је коначне одлуке о именима и хемијским симболима елементата атомског броја 113, 115, 117 и 118. Они се од сада називају **нихонијум** (Nh), **московијум** (Mc), **тенесин** (Ts) и **оганесон** (Og). Самин тим, сви данас познати хемијски елементи коначно имају трајна имена и хемијске симболе, о чему је **Иван ГУТМАН** (Природно-математички факултет Крагујевац) написао рад под насловом "*Најтежи хемијски елементи добили имена*". Данас је познато укупно 118 хемијских елемената, од атомског броја од Z=1 (водоник) до Z=118 (од сада: оганесон). Пре неколико година, „службена" имена добили су и елементи атомских бројава Z=112, Z=114 и Z=116, који су названи **коперницијум** (Cn), **флеровијум** (Fl) и **ливерморијум** (Lv), о чему је Иван ГУТМАН раније писао у *Хемијском прегледу*.

* * *

Иако је Берзелиус селен открио још 1817. године, све до половине прошлог века били су познати само токсични ефекти високих концентрација селена на људе и животиње. Ново поглавље истраживања о селену датира од 1957. године када је Шварц са сарадницима доказао есенцијалност селена за човека. У чланку "*Биолошки значај селена*", који су написали аутори **Милица М. ТОДОРОВСКА, Ружица С. НИКОЛИЋ** и **Ненад С. КРСТИЋ** (Департман за Хемију, Природно-математички факултет, Универзитета у Нишу) наводе се интересантни подаци. Селен је један од олигоелемената у људском и животињском организму и есенцијалан је за све остале организме, укључујући алге и бактерије. Биохемијске улоге селена препознате су 1973. године, када је откривено да улази у састав глутатион-пероксидазе, ензима који разграђује водоник-пероксид и липидне хидропероксиде у ткивима и ткивним течностима, а заједно са витамином Е, штити ћелијску мембрану и друге структуре од пероксида и супероксида који настају у процесу метаболизма. Садржај селена у биљкама зависи од фактора климе, састава земљишта и могућности саме биљке да га акумулира. Распрострањеност у земљишту зависи од геолошког састава терена. Варира од 0,05 mg/kg до 0,5 mg/kg, што га чини ретким елементом.

* * *

За радове који се баве екологијом увек има места на страницама *Хемијског прегледа*. Присуство загађивача у атмосфери је глобални проблем, јер се свакодневно суочавамо са последицама које проузрокује неконтролисана антропогена емисија. Иако су сви загађивачи подједнако важни, честице у ваздуху, било да су органског или неорганског састава, проузокују изузетно штетне ефекте, пре свега на људско здравље. Ако се узме у обзир да у њиховом саставу могу бити присутне веома токсичене и канцерогене компоненте, као што су олово, жива, кадмијум, PAH (polycyclic aromatic hydrocarbon) једињења, значајно је одређивати њихову концентрацију и састав. Такође, важно је напоменути да се оне у условима који владају у атмосфери могу мењати кроз многоброје хемијске и фотохемијске реакције. Променом свести, као и применом законских регилатива, контрола емисије загађивача мора бити приоритет у различитим областима планирања одрживог развоја планете Земље. Овај рад о екологији, под насловом "*Честице у ваздуху - атмосферски загађивачи*", написали су **Душан ЋОЋИЋ** и **Биљана ПЕТРОВИЋ,** (Природно-математички факултет, Универзитет у Крагујевцу).

* * *

У рубрици *Вести из/за школе* су за читаоце *Хемијског прегледа* чланак написале: **Тамара ПРЕМОВИЋ, Мила ТОМОВИЋ** и **Аница ГРАЧАНИН** (Средња стручна школа „4. јули", Врбас и Техничка школа „Павле Савић" , Нови Сад). У свом раду под насловом"*PLTL метода (PLTL - Peer-Led Team Learning (Вршњачки вођено тимско учење)) – примена у пракси*" приказани су различити облици примене PLTL методе, методе вршњачки вођеног истраживачког групног учења, у изучавању основних хемијских садржаја. Иако ова метода у настави хемије показује одличне резултате још увек се истраживачко учење у малим групама ђака не примењује масовније на свим нивоима образовања и изучавања хемије. Сматра се да су главни разлози неадекватне примене ове методе у изучавању хемијских садржаја у основним и средњим школама недовољна дистрибуираност ове методе, као и незнање и незаинтересованост наставника хемије. Стога је потребно више пажње и простора посветити PLTL методи и радити на њеном осавремењавању.

* * *

Значајно за овај број *Хемијског прегледа* јесте да је у Рубрици *Вести из СХД* штампан годишњи извештај о раду друштва у 2016. години, који је на Годишњој скупштини СХД поднела секретар Друштва **Мелина Калагасидис Крушић**. У овом извештају видећете шта смо сви заједно урадили током прошле године.

Ратко М. Јанков

ЧЛАНЦИ

Иван ГУТМАН, Природно-математички факултет Крагујевац (e-mail: gutman@kg.ac.rs)

НАЈТЕЖИ ХЕМИЈСКИ ЕЛЕМЕНТИ ДОБИЛИ ИМЕНА

28. новембра 2016. године, Међународна унија за чисту и примењену хемију (International Union of Pure and Applied Chemistry, IUPAC) донела је коначне одлуке о именима и хемијским симболима елемената атомског броја 113, 115, 117 и 118. Они се од сада називају нихонијум (Nh), московијум (Mc), тенесин (Ts) и оганесон (Og). Самин тим, сви данас познати хемијски елементи имају имена и хемијске симболе.

Данас је познато укупно 118 хемијских елемената, од атомског броја од Z=1 (водоник) до Z=118 (од сада: оганесон). Пре неколико године, "службена" имане добили су и елементи атомских бројава Z=112, Z=114 и Z=116, који су названи коперницијум (Cn),[1] флеровијум (Fl)[2] и ливерморијум (Lv)[2,3], о чему смо раније писали у Хемијском прегледу.

ЕЛЕМЕНТ 113 – НИХОНИЈУМ

Елемент 113 је назван "*нихонијум*" (енглески: Nihonium) а његов симбол је Nh. Име потиче од речи "Нихон" којом Јапанци називају своју земљу.

Прве атоме елемента 113 добио је (или тачније: експериментално доказао) истраживачки тим у руском нуклеарном институту у Дубни, под руководством Јурија Оганесијана. Године 2004. они су бомбардовањем америцијума-243 јонима изотопа калцијума-48 добили неколико атома елемента Z=115, који се сада назива московијум. Нуклеарне реакције су биле следеће:

$$^{243}_{95}Am + ^{48}_{20}Ca \rightarrow ^{288}_{115}Mc + 3\,^{1}_{0}n \quad (1)$$

$$^{243}_{95}Am + ^{48}_{20}Ca \rightarrow ^{287}_{115}Mc + 4\,^{1}_{0}n \quad (2)$$

Настали московијум се спонтано, алфа-распадом претвара у нихонијум:

$$^{288}_{115}Mc \rightarrow ^{284}_{113}Nh + ^{4}_{2}He$$

$$^{287}_{115}Mc \rightarrow ^{283}_{113}Nh + ^{4}_{2}He$$

Нихонијум се даље, низом алфа-распада претвара у (од раније познате елементе) рендгенијум (Z=111), мајтнеријум (Z=109), боријум (Z=107), ... чиме се постојање нихонијума управо и доказује.

У наведеним експериментима, у реакцији (1) доказано је три атома, а у реакцији (2) четири атома, дакле укупно само седам атома московијума. Изотоп нихонијум-284 живео је у просеку 480 милисекунди, а изотоп нихонијум-283 око 100 милисекунди.

Директна синтеза елемента Z=113 остварена је исте године у јапанском нуклеарном институту РИКЕН, у граду Вако близу Токија. Истраживачким тимом руководио је Косуке Морита. Они су бомбардовали бизмут-209 јонима цинка-79, при чему се одиграва нуклеарна реакција

$$^{209}_{83}Bi + ^{70}_{30}Zn \rightarrow ^{278}_{113}Nh + ^{1}_{0}n$$

Године 2004. истраживачи у РИКЕН-у регистровали су само један атом нихонијума-278, који су идентификовали преко серије алфа-распада нихонијум $\rightarrow$ рендгенијум $\rightarrow$ мајтнеријум $\rightarrow \cdots$.

Још један атом су идентификовали 2007, а трећи 2012. године. Век трајања ова три изотопа нихонијума-278 био је око једне милисекунде.

IUPAC-ова комисија је закључила да се приоритет открића елемента Z=113 мора признати Јапанцима, па су они позвани да том елементу дају име. Њихов предлог је сада прихваћен.

Поменимо на овом месту да је код нас уобичајено да се за Јапан каже "Нипон". Да то није случај само у нашој земљи, види се из чињенице да је још 1907. јапански хемичар Огава тврдио да је открио нови хемијски елемент, који је назвао "*нипонијум*"; тај елемент данас познајемо под именом ренијум.[4]

Детаљније о открићу нихонијума може наћи у званичном извештају IUPAC-ове комисије.[5]

ЕЛЕМЕНТ 115 – МОСКОВИЈУМ

Елемент 115 је назван "*московијум*" (енглески: Moscovium) а његов симбол је Mc. Име је дато у част главног града Русије. Као занимљивост помињемо да је пре неколико година, и за елемент Z=116 предложено исто име, али је онда оно на неочекивани начин промењено у "*ливерморијум*".[2,3]

О томе како су 2004. године направљени први атоми московијума речено је у претходном одељку. Касније, 2007. године, истраживачка група Јурија Оганесијана у Дубни, у сарадњи с колегама из америчке Лоренцове Националне Лабораторије у Ливермору синтетизовали су и детектовали још 23 атома московијума помоћу нуклеарних реакција (1) и (2).

Детаљније о открићу московијума може наћи у званичном извештају IUPAC-ове комисије.[5]

ЕЛЕМЕНТ 117 – ТЕНЕСИН

Елемент 117 је назван "тенесин" (енглески Tenessine) а његов симбол је Ts. Име је дато у част државе Тенеси, у којој се налази Оук Риџ национална лабораторија (Oak Ridge National Laboratory). Истраживачи из те лабораторије били су један од партнера у тиму који је после вишегодишњих припрема, 2010. године добио прве атоме елемента 117 (што је, иначе, остварено у Дубни).[4]

Тенесин је добивен бомбардовањем берклијума-249 јонима изотопа калцијума-48:

$$^{249}_{97}Bk + ^{48}_{20}Ca \rightarrow ^{297}_{117}Ts$$

$$^{249}_{97}Bk + ^{48}_{20}Ca \rightarrow ^{294}_{117}Ts + 3\,^{1}_{0}n$$

У првом експерименту, 2010. године, доказана су три атома тенесина-297 и један атом тенесина-294. У поновљеним експериментима, 2012. и 2013. године детектовано је још неколико ових атома. Изотоп тенесин-294 има необично дугачко време полураспада, које износи око 30 сати, што значи да је тај изотоп много стабилнији у односу на друге елементе сличног атомског броја.

Детаљније о открићу тенесина може наћи у званичном извештају IUPAC-ове комисије.[5]

ЕЛЕМЕНТ 118 – ОГАНЕСОН

Елемент 118 је назван "*оганесон*" (енглески: Oganesson) а његов симбол је Og. Име је дато у част руског научника Јурија Оганесијана (1933-). Он је руководио истраживањима у Дубни која су довела до открића како елемента 118 (најтежег до сада добивеног), тако и већег бројег других хемијских елемената великог атомског броја.

Историјат елемента 118 је доста необичан. Године 1999. тим америчких научника из Берклија објавио је да је добио тај елемент.[6] Годину дана касније, исти научници су ово морали да демантују.[7] Касније анализе су показале да је један члан истраживачког тима (чије име је познато) намерно фалсификовао експерименталне податке, тако да они изгледају као доказ о добивеном елементу 118. Та особа је очигледно била подобна за психијатријско лечење. Међутим, симптоматично је да су остали чланови истраживачког тима овај лажирани резултат прихватили и објавили без даљих провера.

Да не оваква бламажа се би поновила, када је елеменат 118 заиста добивен, објављивање његовог открића одлагано је неколико година.

Оганесон је добивен 2006. године у Дубни, у сарадњи између руског истраживачког тима којим је руководио Јуриј Оганесијан и научника из америчне Лоренцове Националне Лабораторије у Ливермору. Нуклеарна реакција је била следећа:

$$^{249}_{98}Cf + ^{48}_{20}Ca \rightarrow ^{294}_{118}Og + 3\,^{1}_{0}n$$

Детектована су три атома оганесона-294, који су доказани преко својих алфа-распада. Њивохо време живота било је у просеку 1,3 милисекунде. Касније је добивено јос неколико атома истог изотопа оганесона.

Детаљније о открићу оганесона може наћи у званичном извештају IUPAC-ове комисије.[8]

ХЕМИЈСКИ ЕЛЕМЕНТИ КРАЈЕМ 2016.

У време када је писан овај чланак (децембар 2016), познато је тачно 118 хемијских елемената и сви они сада имају своја коначна имена и симболе. Осамнаест најтежих наводимо у Табели 1.

Табела 1. Хемијски елементи од Z=101 до Z=118.

атомски број	име	симбол
101	менделевијум	Md

102	нобелијум	No
103	лоренцијум	Lr
104	радерфордијум	Rd
105	дубнијум	Db
106	сиборгијум	Sg
107	боријум	Bh
108	хасијум	Hs
109	мајтнеријум	Mt
110	дармштатијум	Ds
111	рендгенијум	Rg
112	коперницијум	Cn
113	нихонијум	Nh
114	флеровијум	Fl
115	московијум	Mc
116	ливерморијум	Lv
117	тенесин	Ts
118	огансон	Og

Вреди приметити да је последњи од хемијсих елемената откривен (или, тачније: синтетизован) 2006. године, дакле пре више од десет година. Чини се да се нуклеарним физичарима смањила жеља за производњу нових, још тежих елемената. Незанемарљиву улогу у томе има и финансијска компонента: Добивање најтежих хемијских елемената (а ради се о само неколико атома који ионако егзистирају само делић секунде) је изузетно скуп подухват. Осим чисто научног значаја, тешко је увидети било коју могућу практичну примену ових експеримената.

ПЕРИОДНИ СИСТЕМ КРАЈЕМ 2016.

Са елементом атомског броја 118, потпуно је попуњена седма периода периодног система. То, конкретно, значи да оганесон припада групи племенитих гасова, да је тенесин халогени елеменат, итд. Детаљније о томе може се видети у Табелама 2, 3, 4, 5, 6 и 7.

Табела 2. Елементи треће групе периодног система.

бор	B
алуминијум	Al
галијум	Ga
индијум	In
талијум	Ta
нихонијум	Nh

Табела 3. Елементи четврте групе периодног система.

угљеник	C
силицијум	Si
германијум	Ge
калај	Sn
олово	Pb
флеровијум	Fl

Табела 4. Елементи пете групе периодног система.

азот	N
форфор	P
арсен	As
антимон	Sb
бизмут	Bi
московијум	Mc

Табела 5. Елементи шесте групе периодног система.

кисеоник	O
сумпор	S
селен	Se
телур	Te
полонијум	Po
ливерморијум	Lv

Табела 6. Елементи седме групе периодног система (халогени елементи).

флуор	F
хлор	Cl
бром	Br
јод	I
астат	At
тенесин	Ts

Табела 7. Елементи нулте групе периодног система (племенити гасови).

хелијум	He
неон	Ne
аргон	Ar
криптон	Kr
ксенон	Xe
радон	Rn
оганасон	Og

Елемент 119, ако икада буде добивен, био би први члан осме периоде, и припадао би групи алкалних метала.

* * * * *

Тиме што су елементи 113, 115, 117 и 118 добили имена, сви постојећи периодни системи у Србији (а и шире) постали су непотпуни. За надати се да ће писци уџбеника и произвођачи школске опреме о томе повести рачуна.

A b s t r a c t

THE HEAVIEST ELEMENTS RECEIVED NAMES

Ivan Gutman

University of Kragujevac, Faculty of Science

IUPAC has recently determined the names and symbols for elements 113, 115, 117, and 118, namely "Nihonium", "Moscovioum", "Tenessine", and "Ogenesson". The basic facts concerning these elements are presented, and their position in the periodic system discussed.

ЛИТЕРАТУРА

1. И. Гутман, *Хем. преглед* **50** (2009) 102.
2. И. Гутман, *Хем. преглед* **52** (2011) 86.
3. И. Гутман, *Хем. преглед* **53** (2012) 58.
4. И. Гутман, *Хем. преглед* **49** (2008) 78.
5. P. J. Karol, R. C. Barber, B. M. Sherrill, E. Vardaci, T. Yamazaki, *Pure Appl. Chem.* **88** (2016) 139.
6. С. Јокић, И. Гутман, *Хем. преглед* **40** (1999) 44.
7. И. Гутман, *Хем. преглед* **42** (2001) 115.
8. P. J. Karol, R. C. Barber, B. M. Sherrill, E. Vardaci, T. Yamazaki, *Pure Appl. Chem.* **88** (2016) 155.

Милица М. ТОДОРОВСКА, Ружица С. НИКОЛИЋ, Ненад С. КРСТИЋ, Департман за Хемију, Природно-математички факултет, Универзитет у Нишу (e-mail: mimatod@gmail.com)

БИОЛОШКИ ЗНАЧАЈ СЕЛЕНА

Селен је један од олигоелемената у људском и животињском организму и есенцијалан је за све остале организме, укључујући алге и бактерије. Иако га је Берзелиус (Berzelius) открио још 1817. године, све до половине прошлог века били су познати само токсични ефекти високих концентрација селена на људе и животиње. Ново поглавље истраживања о селену датира од 1957. године када је Шварц (Schwarz) са сарадницима доказао есенцијалност селена за човека. Биохемијске улоге селена препознате су 1973. године, када је откривено да улази у састав ензима глутатион-пероксидазе који разграђује водоник-пероксид и липидне хидропероксиде у ткивима и ткивним течностима, а заједно са витамином Е, штити ћелијску мембрану и друге структуре од пероксида и супероксида који настају у процесу метаболизма.

РАСПРОСТРАЊЕНОСТ У ПРИРОДИ

Селен је есенцијални олигоелемент, заступљен у људској плазми у количинама између 74,9 ± 27,3 μg/l плазме [1]. Открио га је шведски научник Јакоб Берзелиус (Jacob Berzelius) 1817. године и назвао по богињи Селени, која у грчкој митологији симболизује Месец. У природи се налази најчешће у неорганском облику. Ретко се јавља као елементарна супстанца, већ улази у састав минерала као пратилац сумпора. Познато је приближно 50 минерала који садрже селен, од којих су најважнији клокманит (CuSe), берцелианит ($Cu_{2-x}Se$), клаусталит (PbSe), тиеманит (HgSe) и крукезит ($(Cu,Tl,Ag)_2Se$). Елементарни селен формира циклични молекул Se_8 и може се наћи у три алотропске модификације: *аморфној* (црвене или црне боје, добар изолатор), *кристалној хексагоналној* (сивоплаве боје, може послужити као полупроводник) и у облику *моноклиналних кристала*. [2] Распрострањеност у земљишту зависи од геолошког састава терена. Варира од 0,05 mg/kg до 0,5 mg/kg, што га чини ретким елементом. Најмање га има у магматским и метаморфним стенама, у седиментним више, док се највеће количине налазе у глиненим шкриљцима. [2]

Садржај селена у биљкама зависи од фактора климе, састава земљишта и могућности саме биљке да га акумулира. Већина биљака садржи релативно ниске концентрације селена (приближно 25 μg/kg), али одређене имају могућност да га хиперакумулирају, достижући концентрације знатно веће од 100 μg Se/kg биљне масе. Ове биљне врсте се називају селениферне или индикаторске биљке јер указују на повећану концентрацију селена у земљишту. Примарним индикаторским биљкама селен је неопходан за раст. То су биљни родови *Astragalus* L., Fabaceae, *Machaeranthera* Kunth., Asteraceae, *Oonopsis* (Nutt.) Greene, Asteraceae, *Stanleya* Nutt., Brassicaceae, *Haplopappus* Cass., Asteraceae, и *Xylorhiza* Nutt., Asteraceae. Секундарним индикаторима овај олигоелемент није неопходан за раст, али ако расту на земљишту богатом селеном, оне ће га акумулирати. У ову групу спадају врсте рода *Aster* L., Asteraceae, *Atriplex* L., Amaranthaceae, *Gutierrezia* Lag., Asteraceae, *Castilleja* Mutis ex L.f., Orobanchaceae, *Comandra* Nutt., Santalaceae и *Grindelia* Willd., Asteraceae. [3]

Пивски квасац, пшеничне клице, риба, морски плодови, јетра, бели лук, производи од целог зрна, сунцокретово семе, добри су извори селена. Дневне потребе човека за овим елементом су око 55 μg за мушкарце и жене преко 15 година. Трудницама се препоручује унос од 60 μg, а дојиљама 70 μg селена на дан. Уравнотеженом исхраном, разноврсном и непрерађеном храном, задовољава се дневна потреба за овим олигоелементом. Количине преко 200 μg селена дневно су индиковане као терапија у неким стањима, али ако се дуже време користе овако високе дозе, долази до повећања ризика од интоксикације. Уношење по-

већаних количина се не препоручује осим под лекарским надзором. [4, 5, 6, 7]

Слика 1. *Astragalus membranaceus* (L.), Fabaceae (срп. астрагалус) (горе) и *Machaeranthera tanacetifolia* (Kunth) Nees, Asteraceae (доле)

ХЕМИЈА СЕЛЕНА

Селен се у периодном систему елемената налази у VIa групи између сумпора (S) и телура (Te). Може градити велики број веза захваљујући постојању d орбитала ($SeCl_4$, SeF_5^-, $SeBr_6^{2-}$). Најчешће се јавља у оксидационим стањима +2, +4, +6 и -2. Селенити (Se^{+4}) и селенати (Se^{+6}) се најчешће налазе везани за минерале, поготову за глине, као и за оксиде и хидроксиде гвожђа и мангана. Оксидационо стање -2 је доминантно у органским једињењима селена. Органска једињења селена су нпр. диметил-селенид и диметилдиселенид, али за живи свет најважније су аминокиселине: селеноцистеин (SeCy), метилселеноцистеин, селенометионин (SeMet), селенотаурин. [2]

Селен и сумпор имају велики број заједничких особина као што су енергија везе, енергија јонизације и афинитет према електрону. Ово омогућава замену атома сумпора у есенцијалним аминокиселинама атомом селена. Међутим, особине њихових аналогних аминокиселина се разликују. На пример, селеноцистеин се потпуно уништава под дејством киселине након шест сати (6 $moldm^{-3}$ HCl, 110 °C), док се под овим условима само мала количина цистеина разграђује. При физиолошким pH вредностима, бочни ланац селеноцистеина егзистира у облику анјона - селенида, док је бочни ланац цистеина у облику тиола. Ове разлике последично воде промени активности протеина у чији састав улазе селено-аминокиселине. [8]

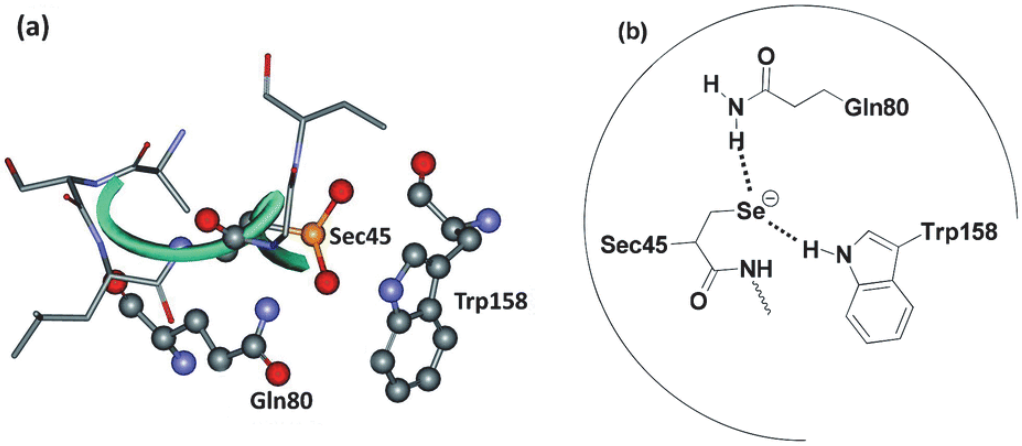
Најчешћи узроци недостатка селена код људи су потенцирани неадекватном, једноличном исхраном намирницама, које не садрже довољне количине овог елемента, затим обољењима дигестивног тракта, специјалним дијетама (фенилкетонурија), физичким напором, хиперактивношћу штитасте жлезде, фебрилним стањима, изложеношћу радијацији, токсичним супстанцама или терапијом цитостатицима. Селен се одлично ресорбује и није условљен нутритивним статусом (присутним количинама у организму). Генерално и ресорпција и дистрибуција селена у ткивима боља је код деце и млађих особа, него у старости. [6, 7]

СЕЛЕН У ЉУДСКОМ ОРГАНИЗМУ

Сазнања о селену, до скора контрадикторна (да ли је користан или токсичан), стизала су првобитно из ветеринарске медицине. Повезиван је са хроничним тровањима стоке која је пасла у регијама врло богатим селеном, али и са проблемима који су настајали због његове оскудице у другим регијама. Уследили су докази о есенцијалној улози селена у животу сисара. Да је селен саставни део ензима глутатион-пероксидазе, селеноензима који има одлучујућу улогу у оксидативним процесима, откривено је 1973. године и тако је утврђена његова биохемијска улога. У току наредних петнаест година, сакупљено је довољно доказа да се селен сматра есенцијалним елементом, неопходним за нормално функционисање организма. Селен учествује у антиоксидативним процесима, функционисању штитасте жлезде, у развоју и функцији имунског система (посебно у целуларној имуности која штити од вируса), формирању сперме и функционисању простате.

Улога селена у организму сисара се првенствено огледа у селенопротеинима. Селенопротеини садрже селен у облику селеноцистеина у активном центру ензима и имају више различитих биолошких улога. Идентификовано је једанаест селенопротеина: класична (целуларна) глутатион-пероксидаза, плазма (екстрацелуларна) глутатион-пероксидаза, фосфолипидна хидропероксидна глутатион-пероксидаза, гастроинтестинална глутатион-пероксидаза, селенопротеин П, јодтиронин дејодиназа (облик 1, 2 и 3), селенопротеин W, тиоредоксин-редуктаза и селенофосфат-синтетаза.

Глутатион-пероксидаза је тетрамерни ензим за чију је активност неопходан селен који је саставни део ензима. Овај селенопротеин у свом активном центру уместо цистеина, садржи селеноцистеин. Селен, који је заменио сумпор у цистеину, повећава нуклеофилна својства, тако да –SeH група јонизује брже и ослобађа



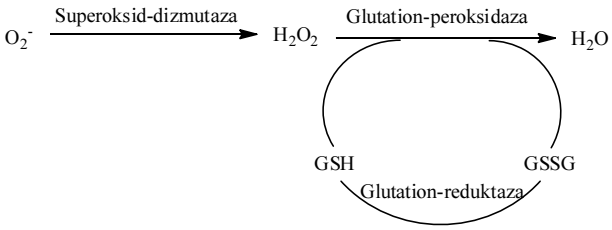
Слика 3. Тродимензионални приказ (a) и хемијска структура (b) активног центра ензима глутатион-пероксидазе [8]

протон, чиме се постиже већа ефикасност ензима као катализатора. Глутатион-пероксидаза, заједно са каталазом учествује у отклањању H_2O_2. У реакцији са H_2O_2 редуковани облик глутатиона (GSH) прелази у оксидовани облик (GSSG) и настаје вода.

$$H_2O_2 + 2\,GSH \rightarrow 2\,H_2O + GSSG$$

Најважније што се тиче оксидативних промена у зиду артерија је то што глутатион-пероксидазе могу да катализују глутатион зависне редукције липидних пероксида (L-OOH) до одговарајућих алкохола (L-OH).

$$LOOH + 2\,GSH \rightarrow LOH + H_2O + GSSG$$



Слика 4. Реакција оксидације и редукције глутатиона катализованих ензимом глутатион-пероксидаза

Пероксидазе које садрже селен сачињавају фамилију ензима којој припадају најмање четири типа ензима:

1. *Класична глутатион-пероксидаза (cGPx)* се налази у свакој ћелији људског организма [9] и редукује водоник-пероксид и слободне органске хидропероксиде (масних киселина и холестерола), редом, до воде и алкохола. [10] Она, такође, представља депо селена у организму. [11] Целуларна глутатион-пероксидаза се користи као параметар за одређивање статуса селена у организму, наиме код недостатка селена, активност овог ензима је смањена. [12]

2. *Екстрацелуларна глутатион-пероксидаза (eGPx)* налази се у плазми и мајчином млеку. [13, 14] Синтетишу је ћелије проксималних тубула бубрега. [15] Овај ензим се такође користи као функционални индикатор статуса селена у организму.

3. *Фосфолипидна хидропероксидна глутатион-пероксидаза (PHGPx)* редукује хидропероксиде масних киселина који граде фосфолипиде, хидропероксиде холестерола, његових естара и ЛДЛ-а (липопротеина мале густине). [16, 17] Ова изоформа је везана за мембрану, и као и cGPx се не налази у екстрацелуларним течностима.

4. *Гастроинтестинална глутатион-пероксидаза* штити од интоксикације липидним хидропероксидима унетим храном. [18]

Глутатион-редуктаза има улогу у одржавању резерви редукованог глутатиона у ћелији, тако што користи енергију из пентозо-фосфатног пута (NADPH). Чак и када су присутне велике количине H_2O_2, овај ензим је веома ефикасан у одржавању ћелијских резерви глутатиона. Интрацелуларни однос оксидованог и редукованог глутатиона (GSSG/GSH) је одраз оксидативног стања ћелије и показатељ детоксикационих капацитета ћелије.

$$GSSG + NADPH \rightarrow 2\,GSH + NADP^+ + H^+$$

Тиоредоксин-редуктаза (TrxR) омогућује редукцију у неколико биохемијских процеса и служи као одбрана од оксидативног стреса. [19] Селенопротеин П се налази у плазми и игра улогу у оксидативној заштити. [20] Селенопротеин W добио је име по повезаности са „болести белих мишића“ (калцификација скелетних мишића). [21] Сматра се да је важан за нормалан метаболизам у мишићима. [22] Тироидне дејодиназе су есенцијалне за нормалну функцију штитасте жлезде и формирање тироксина и тријодтиронина. [23] Инкорпорирање аминокиселине селеноцистеина у селенопротеине је одређено генетским кодом и захтева ензим селенофосфат-синтетазу. [24]

ПОРЕМЕЋАЈИ МЕТАБОЛИЗМА СЕЛЕНА

Дефицијенције селена код људи су ретке. Најчешће се јављају код болесника који током дужег временског периода користе тоталну парентералну исхрану. [25] Када се јави, дефицит селена се испољава као слабост мишића, замарање при мањим напорима,

немогућност да се подигне тежак предмет. [25] Такође, постоји повезаност између дефицита селена и Кешанове болести, ендемске кардиомиопатије која се јавља у неким деловима Кине. [26] Карактеришу је кардиомиопадија деце и жена у репродуктивном периоду, а затим и јувенилна остеоартропатија и остеопороза.

ИНТОКСИКАЦИЈА СЕЛЕНОМ

Интоксикација селеном манифестује се као промене на кожи (црвена и отечена, са пликовима), ломљење ноктију и опадање косе, као и дисфункција нервног система (периферна анестезија, конвулзије, парализа, моторни немир). [27, 28] Остали симптоми укључују анорексију, абдоминални бол, дијареју, умор, раздражљивост, депресију, плућни едем, хеморагију, оштећење јетре и бубрега, слепило, атаксију, мирис на бели лук/прокисло млеко. [29, 30]

МЕДИЦИНСКИ И ФАРМАЦЕУТСКИ ЗНАЧАЈ СЕЛЕНА

Велики број болести (исхемијска болест срца, инфаркт миокарда, реуматоидни артритис, обољења простате, стерилитет, импотенција, канцер, ренална дисфункција) је доведен у везу са недостатком селена у организму. [31] Одржавање оптималне концентрације селена и активности селенопротеина је најбољи начин превенције ових болести. Такође доказано је да људи заражени вирусом хумане имунодефицијенције тип 1 (HIV-1) развијају дефицијенцију селена. [32, 33, 34] Комерцијални препарати који садрже селен су доступни у виду таблета и капсула, формулисани самостално или у комбинацији са другим минералима (најчешће цинком) и витаминима. Јачине једнодозних суплемената селена износе 40-50 μg натријум-селенита. На тржишту се селен може наћи и у облику шумећих таблета. [35]

Abstract

BIOLOGICAL IMPORTANCE OF SELENIUM

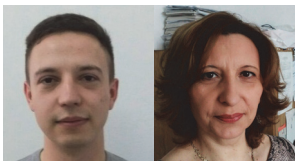
Milica M. TODOROVSKA, Ružica S. NIKOLIĆ, Nenad S. KRSTIĆ, *Department of Chemistry, Faculty of Science and Mathematics, University of Niš (e-mail: mimatod@gmail.com)*

Selenium is one of the most important elements in the human and animal organism and is essential for many other species, including algae and bacteria. Although Berzelius discovered it in 1817, only toxic effects of high concentrations of selenium were known until the mid 19th century. A new chapter of research on selenium dates back to 1957 when Schwartz and his associates proved the essentiality of selenium for humans. The biochemical role of selenium has been recognized in 1973, when it was discovered that selenium makes up the active site of the enzyme glutathione peroxidase which breaks down hydrogen peroxide and lipid hydroperoxides in tissues and body fluids, and together with vitamin E protects cell membranes and other structures of the peroxides and the superoxides generated in the process of metabolism.

ЛИТЕРАТУРА

1. Navarro M., Lopez H., Ruiz M.L., González S., Perez V., Lopez M.C. Determination of selenium in serum by hydride generation atomic absorption spectrometry for calculation of daily dietary intake. *Sci. Total Environ.* **175** (1995) 245–53
2. Kabata-Pendias A., Mukherjee A.B. (2007) Trace elements from Soil to Human. Springer-Verlag Heidelberg, Berlin
3. Shamberger R.J. Selenium metabolism and function, *Clin. Physiol. Biochem.* **4** (1986) 42
4. Mason A.C. (1988) Trace Minerals in Foods, Marcel Dekker Inc., New York
5. Institute of Medicine. (2000) Food and Nutrition Board. *Dietary Reference Intakes for Vitamin C, Vitamin E, Selenium, and Carotenoids*. National Academy Press, Washington, DC
6. Mason J.B. (2011) Vitamins, trace minerals, and other micronutrients. Goldman L., Schafer A.I. Goldman's Cecil Medicine, 24th ed, Elsevier Saunders, Philadelphia
7. Levander O.A. A global view of human selenium nutrition. *Annu Rev Nutr.* **7** (1987) 227
8. Bhowmick D., Mugesh G. Insights into the catalytic mechanism of synthetic glutathione peroxidase mimetics, *Org. Biomol. Chem.* **13** (2015) 10262-10272
9. Burk R.F., Hill F.E. Regulation of selenoproteins, *Annu Rev Nutr.* **13** (1993) 65-81
10. Hoekstra W.G. Biochemical function of selenium and its relation to vitamin E, *Fed. Proc.* **34**, 1975 2083-2089
11. Sunde R.A. Molecular biology of selenoproteins, *Annu Rev Nutr.* **10** (1990) 451-474
12. Rea H.M., Thompson C.D., Campbell D., Robinson M.F. Relation between erythrocyte selenium concentrations and glutathione peroxidase (EC 1.11.1.9) activities of New Zealand residents and visitors to New Zealand, *Br. J. Nutr.* **42** (1978) 201-208
13. Takahashi K., Avissari J.W., Cohen H. Purification and characterization of human plasma glutathione peroxidase: a selenoglycoprotein distinct from the known cellular enzyme, *Arch. Biochem. Biophys.* **256** (1987) 677-686
14. Bhattacharya I.D., Picciano M.F., Milner J.A. Characteristics of human milk glutathione peroxidase. *Biol. Trace Elem. Res.* **18** (1988) 59-70
15. Avissar N., Ornt D.B., Yagil Y., Horowitz S., Watkins R.H., Kerl E.A. et al. Human kidney proximal tubules are the main source of plasma glutathione peroxidase, *Am. J. Physiol.* **266** (1994) C367-C375
16. Ursini F., Maiorino M., Gregolin C. The selenoenzyme phospholipid hydroperoxide glutathione peroxidase, *Biochim. Biophys. Acta* **839** (1985) 62-75
17. Thomas J.P., Maiorino M., Ursini F., Girotti A.W. Protective action of phospholipid hydroperoxyde glutathione peroxidase against membrane-damaging lipid peroxydation: in situ reduction of phospholipid and cholesterol hydroperoxydes, *J. Biol. Chem.* **265** (1990) 454-461
18. Chu F., Doroshow J.H., Esworthy R.S. Expression, characterization and tissue distribution of a new cellular selenium-dependent glutathione peroxidase. GSHPx-GI. *J. Biol. Chem.* **268** (1993) 2571-2576
19. Zhong L., Holmgren A. Essential Role of Selenium in the Catalytic Activities of Mammalian Thioredoxin Reductase Revealed by Characterization of Recombinant Enzymes with Selenocysteine Mutations, *J. Biol. Chem.* **275**:24 (2000) 18121-18128
20. Burk R.F., Hill K.E. Selenoprotein P: An extracellular protein with unique physical characteristics and a role in selenium homeostasis, *Annu. Rev. Nutr.* **25** (2005) 215-235

21. Schubert J.R., Muth O.H., Oldfield J.E., Remmert L.F. Experimental results with selenium in white muscle disease of lambs and calves. *Fed. Proc.* **20** (1961) 689-692
22. Whanger P.D. Selenoprotein expression and function-selenoprotein W. *Biochim. Biophys. Acta,* **1790** (2009) 1448-1452
23. Arthur J.R., Nicol F., Beckett J.R. The role of selenium in thyroid hormone metabolism and effects of selenium deficiency on thyroid hormone and iodine metabolism, *Biol Trace Elem Res* **33** (1992) 37-42
24. Xu X.M., Carlson B.A., Irons R., Mix H., Zhong N., Gladyshev V.N., Hatfield D.L. Selenophosphate synthetase 2 is essential for selenoprotein biosynthesis, *Biochem J.* **404** (2007) 115-120
25. Brown M.R., Cohen H.J., Lyons J.M., Curtis T.W., Thunberg B., Cochran W.J. et al. Proximal muscle weakness and selenium deficiency associated with long-term parenteral nutrition. *Am J Clin Nutr.* **43** (1986) 549-554
26. Chen X., Yang G., Chen J., Chen X., Wen Z., Ge K. Studies on the relations' of selenium and Keshan Disease, *Biol. Trace Elem Res* **2** (1980) 91- 107
27. Haller C.A., Meier K.H., Olson K.R. Seizures reported in association with use of dietary supplements. *Clin Toxicol (Phila)*, **43** (2005) 23- 30
28. Vinceti M., Wei E.T., Malagoli C., Bergomi M., Vivoli G. Adverse Health Effects of Selenium in Humans, *Rev Environ Health*, **16** (2001) 233-252
29. Fan A.M., Kizer K.W. Selenium-nutritional, toxicologic, and clinical aspects. *West J Med*, **153** (1990) 160- 167
30. Sutter M.E., Thomas J.D., Brown J., Morgan B. Selenium toxicity: a case of selenosis caused by a nutritional supplement. *Ann Intern Med*, **148** (2008) 970-971
31. Foster L.H., Sumar S. Selenium in health and disease: A review, *Crit Rev Food Sci Nutr*, **37** (1997) 211-228
32. Dworkin B.M., Rosenthal W.S., Wormser G.P. et al. Abnormalities of blood selenium and glutathione pemxidase activity in patients with acquired immunodefidmcy syndrome and AIDS related complex, *Biol Trace Elem Res*, **15** (1988) 167
33. Dworkin B.M. Selenium deficiency in HIV infection and the acquired immunodeficiency syndrome (AIDS). *Chem Biol Interact*. **91**:2-3 (1994) 181-186
34. Allavena C., Dousset B., May T., Dubois F., Canton P., Belleville F. Relationship of trace element, immunological markers, and HIV1 infection progression, *Biol Trace Elem Res*. **47** (1995) 133-138
35. Schrauzer G.N. Nutritional Selenium Supplements: Product Types, Quality, and Safety, *J Am Coll Nutr*, **20** (2001) 1-4



Душан ЋОЋИЋ, Биљана ПЕТРОВИЋ, Природно-математички факултет, Универзитет у Крагујевцу, Радоја Домановића 12, P.O. Box 60, 34000 Крагујевац, Србија (e-mail: dusan.cocic@pmf.kg.ac.rs, biljanap@kg.ac.rs)

ЧЕСТИЦЕ У ВАЗДУХУ - АТМОСФЕРСКИ ЗАГАЂИВАЧИ

Присуство загађивача у атмосфери је глобални проблем, јер се свакодневно суочавамо са последицама које проузрокује неконтролисана антропогена емисија. Иако су сви загађивачи подједнако важни, честице у ваздуху, било да су органског или неорганског састава, проузокују изузетно штетне ефекте, пре свега, на људско здравље. Ако се узме у обзир да у њиховом саставу могу бити присутне веома токсичене и канцерогене компоненте, као што су олово, жива, кадмијум, PAH (polycyclic aromatic hydrocarbon) једињења, значајно је одређивати њихову концентрацију и састав. Такође, важно је напоменути да се оне у условима који владају у атмосфери могу мењати кроз многобројe хемијске и фотохемијске реакције. Променом свести, као и применом законских регулатива, контрола емисије загађивача мора бити приоритет у различитим областима планирања одрживог развоја планете Земље.

Атмосфера представља ваздушни омотач планете Земље састављен од различитих врста гасова и честица. Хемијски састав атмосфере се константно мењао од тренутка њеног настанка. Данас атмосферски ваздух садржи 78,1 % азота, 21,0 % кисеоника, 0,9 % аргона и 0,04 % угљен-диоксида, као и 1-3 % водене паре, док је велики број гасова присутан у траговима, испод 0,002 %. Ту спадају неон, хелијум, метан, оксиди азота, водоник, ксенон, сумпор(IV)-оксид, озон, амонијак и угљен-моноксид [1].

Атмосферски омотач је подељен на неколико слојева. Од свих слојева за развој живота на Земљи најзначајнији су тропосфера, која се простире до висине од око 11 km, и стратосфера, која се наставља на тропосферу до 50 km висине. У стратосфери се налази озонски омотач [1]. Атмосфера обезбеђује елементарне услове за живот, штити Земљу од космичког зрачења, обезбеђује оптималну темепературу на Земљи кроз ефекат стаклене баште и учествује у процесу кружења воде у природи. Кретање ваздушних маса (вертикално и хоризонтално) омогућава дистрибуцију различитих компонената атмосфере глобално и локално.

Загађивачи (полутанти) су супстанце, или група супстанци који могу бити штетне по животну средину или људско здравље због својих својстава. Генерално се дела на примарне, односно, загађиваче који су директрно емитовани од стране природних или антро-

погених емитера, и секундарне, који настају као прозводи реакција примарних загађивача.

Након емисије, дистрибуција загађивача зависи од временских услова и локације емитера. Услед погодних временских услова може доћи до *трансмисије*, односно, преноса загађивача на другу локацију, или *депозиције*, односно, повратка загађивача на површину Земље.

ЧЕСТИЦЕ КАО АТМОСФЕРСКИ ЗАГАЂИВАЧИ

Под термином „честице у ваздуху" подразумевају се течне или чврсте дисперговане супстанце, чији су индивидуални агрегати већи од појединачних молекула, али не већи од 500 μm у пречнику. Могу настати кондензацијом (димензија испод 1 μm) или људском активношћу (већег пречника). Њихова концентрација се креће од 10 – 60 μg/m^3 у неурбаним подручјима, у урбаним срединама од 60 – 220 μg/m^3, а у индустријским зонама до 2000 μg/m^3. У односу на своје димензије деле се на:

- таложне материје (пречника већег од 10 μm),
- честице у суспензији – аеросоли (пречника од 1 - 10 μm),
- честице пречника мањег од 1 μm.

Таложне материје због својих димензија најчешће подлежу процесу депозиције. Аеросоли, настале из дима, прашине, чађи и пепела, у односу на хемијски састав деле се на хомогене и хетерогене, а у односу на облик честице деле се на изометричне (сферног облика), пластичне (два радијуса иста, а трећи различит) и честице у облику влакна. Честице пречника мањег од 1 μm обично су невидљиве и представљају нуклеус за формирање већих честица.

Иако атмосферске честице представљају најуочивљији вид загађења, због једноставности у разумевању процеса у којима учествују грубо се деле на честице неорганског и органског састава.

ЧЕСТИЦЕ НЕОРГАНСКОГ САСТАВА

Оксиди метала чине важну класу неорганских честица у атмосфери. Они се емитују приликом сагоревања горива која у свом саставу садрже одређену количину метала. На пример, честице оксида гвожђа се формирају сагоревањем угља који садржи пирит, као што је приказано у следећој реакцији:

$$3FeS_2 + 8O_2 \longrightarrow Fe_3O_4 + 6SO_2$$

Органски ванадијум у остацима фосилних горива се претвара у честице ванадијум(V)- оксида, док део калцијум-карбоната у фракцијама пепела угља прелази у калцијум-оксид по следећој реакцији:

$$CaCO_3 \xrightarrow{t^o} CaO + CO_2$$

Оксиди неметала су подједнако значајни загађивачи. Уобичајени процес формирања измаглице укључује оксидацију атмосферског сумпор(IV)-оксида до сумпорне киселине, хидроскопске супстанце која акомулира атмосферску воду и тако формира капљице:

$$2SO_2 + O_2 + 2H_2O \longrightarrow 2H_2SO_4$$

У присуству базних супстанци, као што су амонијак или калцијум-оксид, сумпорна киселина се неутралише:

$$H_2SO_{4\,(aq)} + 2NH_{3\,(g)} \longrightarrow (NH_4)_2SO_{4\,(aq)}$$

$$H_2SO_{4\,(aq)} + CaO_{(s)} \longrightarrow CaSO_{4\,(aq)} + H_2O$$

Због смањене количине водене паре у условима ниске влажности може доћи до формирања чврстих аеросолова. Такође, вулкански емитовани сумпор(IV)-оксид и водоник-сулфид могу бити прекурсори формирања атмосферских честица богатих сумпорном киселином и сулфатима.

Водоник-сулфид се емитује у току распадања органске материје богате сумпором, као и приликом анаеробних микробиолошких процеса у којима једињења сумпора имају улогу оксиданта. Морски организми производе значајну количину диметил-сулфида ($(CH_3)_2S$). У условима који владају у атмосфери водоник-сулфид и диметил-сулфид се најчешће оксидују до сулфата.

Азот у амонијачним и нитратним солима је уобичајени конституент неорганских честица. Амонијум-нитрат и амонијум-хлорид настају у следећим реверзибилним реакцијама:

$$NH_{3\,(g)} + HNO_{3\,(g)} \rightleftharpoons NH_4NO_{3\,(s)}$$

$$NH_{3\,(g)} + HCl_{(g)} \rightleftharpoons NH_4Cl_{(s)}$$

Амонијум-нитратне, хлоридне и сулфатне соли у атмосфери су изузетно корозивне.

Биогени извори емитују значајне количине супстанци које учествују у формирању амонијачних и нитратних соли. Амонијак се издваја у процесу разлагања органске материје, а део емитованог амонијака може оксидовати до нитрата. Микроорганизми производе значајне количине азот-моноксида који у атмосфери, такође, оксидује до нитрата.

Честице угљеника, као што су чађ, кокс и графит, емитују се из издувних гасова мотора са унутрашњим сагоревањем, грејних пећи, термоелектрана, ливница итд., а спадају у видљиве и најпроблематичније загађиваче ваздуха. Азотна и сумпорна једињења могу бити адсорбована на њиховој површини. У том случају површина честице од угљеника катализује одређене хетерогене атмосферске реакције, укључујући конверзију сумпор(IV)-оксида у сулфате.

Међу састојцима неорганских честица нађених у загађеној атмосфери су, поред азотних и сумпорних једињења, различити метали као и радиоактивне супстанце. Метали који су детектовани у честицама, чак и у концентрацијама изнад 1 μg/m^3, су алуминијум, калцијум, гвожђе, калијум, натријум и силицијум. Мање

количине бакра, олова, титанијума и цинка, и још мање количине антимона, берилијума, бизмута, кадмијума, кобалта, цезијума, литијума, магнезијума, никла, рубидијума, селена, стронцијума и ванадијума су, такође, заступљене. Уобичајени извори неких од поменутих елемената су ерозија земљишта, камена прашина, сагоревање угља (Al, Fe, Ca, Si), испаравање морске воде (Na), сагоревање уља или отпада (Sb, Se), сагоревање петролеума (V), сагоревање горива (Pb) итд.

Добро је познато је да су неки метали изузетно штетни за људско здравље [2]. На првом месту је свакако олово, жива се рангира као друга, а потом су заступљени берилијум, кадмијум, хром, ванадијум, никал и арсен. Олово спада у један од шест главних загађивача. Са смањењем коришћења горива са адитивима на бази олова (тетраетил-олово) концентрација олова у атмосфери је значајно смањена. Најштетније су честице халогенида олова које настају додавања дихлоро-етана и дибромо-етана, као халогенидних чистача, да би се спречило таложење олово(II)-оксида унутар комора за сагоревање. Олово халогениди су довољно испарљиви да напусте издувни систем, али могу да кондензују у ваздуху. Грађење олово халогенида се може приказати једначином:

$$Pb(C_2H_5)_4 + O_2 + \text{Халогенидни чистачи} \longrightarrow CO_2 + H_2O + PbCl_2 + PbClBr + PbBr_2$$

Атмосферска жива ствара проблем због своје токсичности, испарљивости и покретљивости. Одређени део атмосферске живе везује се за честице, док је већи део живе у облику испарљиве елементарне живе емитоване из процеса сагоревања угља или вулканских ерупција. Испарљива органоживина једињења, као што су диметил-жива $(CH_3)_2Hg$ и соли монометил-живе (CH_3HgBr), се такође могу наћи у значајним концентрацијама.

Највећи део честица у загађеној атмосфери емитован приликом сагоревања фосилних горива улази у састав пепела. Велики индустријски системи поседују различите врсте таложника који могу ефикасно смањити количину емитованог пепела, јер је величина честица пепела веома важан фактор у одређивању начина његовог уклањања из гасова. Међутим, део пепела може проћи кроз овакве системе. То су углавном честице јако малих димензија, које су најштетније по људско здравље, биљке и које значајно утичу на смањење видљивости.

Састав пепела варира у зависности од врсте горива. Доминантни састојци су оксиди алуминијума, калцијума, гвожђа и силицијума. Остали елементи попут магнезијума, сумпора, титанијума, фосфора, калијума и натријума могу бити присутни у значајним концентрацијама. Елеменатрни угљеник, у виду чађи и активног угља, је такође једна од најзначајнијих компонената пепела.

Азбест је група фибриногеног силикатног материјала опште формуле $Mg_3P(Si_2O_5)(OH)_4$. Због добрих механичких и термичких карактеристика користи се за израду специјалних врста папира, као адитив за цемент, за израду термоизолационих материјала, материјала постојаних на високе температуре, грађевинског материјала идр. Иако је у многим земљама азбест законски забрањен за употребу, у већини земаља се и даље користи, тако да се одређене концентрације могу детектовати у атмосфери.

Поједине атмосферске честице показују и одређену радиоактивност природног порекла. Ова особина се јавља дејством космичких зрака на нуклеусе, тако да настају радиоизотопи од којих су најчешћи ^{7}Be, ^{14}C, ^{39}Cl, ^{3}H, ^{22}Na, ^{32}P и ^{33}P. Значајан природни извор радиоизотопа у атмосфери је радон. Радон може бити присутан у облику два изотопа ^{222}Rn (време полуживота 3,6 дана) и ^{220}Rn (време полуживота 54,5 секунди). Оба су алфа емитери у ланчаном распаду који се завршава настајањем стабилних изотопа олова. Иницијални производи распада, ^{218}Po и ^{216}Po, су негасовити и могу се везивати за површину других атмосферских честица.

Радиоактивни племенити гас ^{85}Kr (време полуживота 10,3 године) емитује се из нуклеарних реактора или приликом процесуирања истрошеног радиоактивног горива. Остали радиоизотопи који се добијају радом реактора су најчешће хемијски врло реактивни или имају кратко време полураспада, па се рапсадну пре него што напусте реактор.

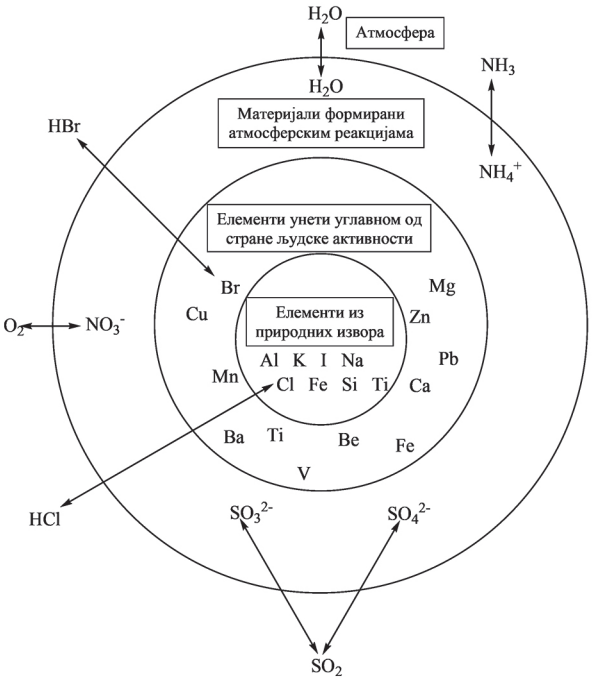
Нуклеарна катастрофа 1986. године у Чернобиљском нуклеарном реактору је довела до значајне емисије радиоактивних супстанци. Пробне детонације атомских бомби на површини Земље такође повећавају количину радиоактивних честица. Међу радиоизотопима који су детектовани у кишници сакупљеној после атомског детонирања нуклеарне бомбе су ^{91}Y, ^{141}Ce, ^{144}Ce, ^{147}Nd , ^{147}Pm, ^{149}Pm, ^{151}Sm, ^{153}Sm, ^{155}Eu, ^{156}Eu, ^{89}Sr, ^{90}Sr, ^{115m}Cd, ^{129m}Te, ^{131}I, ^{132}Te и ^{140}Ba (ознака 'm' представља метастабилно стање које се распада емисијом гама зрачења на изотоп истог елемента). Дистибуција и судбина радиоактивних загађивача умногоме зависи од врсте честица, локалитета емитера, метеоролошких услова, годишњег доба итд [3].

На Слици 1 приказани су основни фактори који утичу на састав неорганских честица. На првом месту је порекло честица, узимајући у обзир могућност додатних хемијских реакција које накнадно мењају састав. На пример, честице емитоване из мора у приобалним областима где су заступљене значајне концентрације сумпор(IV)-оксида могу показати високи садржај сулфата у односу на концентрацију хлорида. Сулфати настали атмосферском оксидацијом сумпор(IV)-оксида истискују хлоридне јоне из NaCl, који потиче из морске воде, у виду испарљивог хлороводоника, док у чврстим аеросолима преовладава натријум-сулфат. Тај процес се може приказати следећим реакцијама:

$$2SO_2 + O_2 + 2H_2O \longrightarrow 2H_2SO_4$$

$$H_2SO_{4\,(aq)} + 2NaCl_{\,(s)} \longrightarrow Na_2SO_{4\,(s)} + 2HCl$$

Осим сумпорне киселине и друге киселине могу бити укључене у модификацију честица из морских соли. Најчешће је у питању азотна киселина, која настаје оксидацијом оксида азота у атмосфери. Трагови нитрата су детектовани упоредо са честицама морских соли.



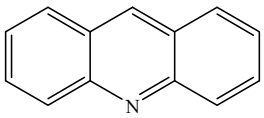
Слика 1. Састав атмосферских честица неорганског порекла

ЧЕСТИЦЕ ОРГАНСКОГ САСТАВА

Врста емитера такође има одлучујућу улогу када се говори о честицама органског састава. На пример, већина органских честица карактеристичних за фотохемијски смог су секундарни загађивачи настали током различитих фотохемијских реакција примарно емитованих органских једињења. Примарно емитована органска једињења су већином угљоводоници, који везивањем кисеоника и/или азота у току фотохемијских реакција производе мање испарљиве супстанце у облику органских честица.

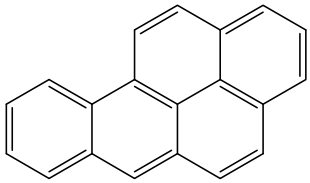
Значајни део честица органског састава настаје приликом сагоревања фосилних горива, сагоревањем горива у моторима са унутрашњим сагоревањем и процесима пиролизе. Тада се највише емитују органска азотна једињења и оксидовани угљоводонични полимери. Сагоревање уља за подмазивање мотора која садрже многобројне адитиве могу значајно да допринесу формирању органских честица.

Атмосферске честице органског састава грубо се могу поделити на неутралну, киселу и базну групу једињења. У неутралну групу спадају углавном алифатични и ароматични угљоводоници, као и нека кисеонична једињења. Алифатична су првенствено угљоводоници дугог низа са 16 до 28 атома угљеника. Ова релативно нереактивна једињења нису нарочито токсична и не учествују у великој мери у атмосферским реакцијама. Алдехиди, кетони, епоксиди, пероксиди, естри, хинони и лактони спадају у групу кисеоничних неутралних једињења, од којих неки могу бити мутагени или канцерогени. Кисела група једињења садржи више масне киселине и неиспарљиве феноле. Органске киселине детектоване у атмосфери су лауринска, миристинска, палмитинска, стеаринска, олеинска и линолна киселина. У групу базних атмосферских органских честица углавном се убрајају азотна хетероциклична једињења, као што је акридин приказан на Слици 2:



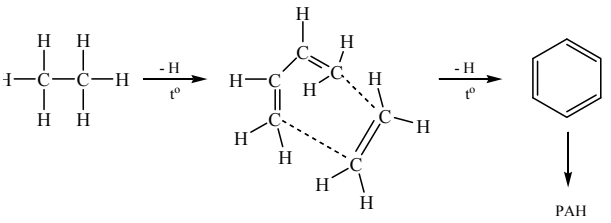
Слика 2. Структура акридина.

Од великог значаја су полициклични ароматични угљоводоници или скраћено *PAH* једињења (*polycyclic aromatic hydrocarbon*), која се састоје из кондензованих ароматичних (арилних) молекула. Најзаступљенији молекул из ове групе једињења је бензопирен Слика 3, молекул који организам може да метаболише до канцерогене форме.



Слика 3. Структура бензопирена.

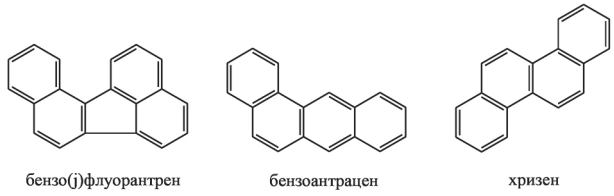
PAH и слични деривати настају приликом непотпуног сагоревања угљоводоника. Иако се приликом природних процеса сагоревања, као што су шумски пожари, могу емитовати *PAH* једињења, највећи део штетних *PAH* загађивача долази из антропогених извора [4]. Прекусори *PAH* једињења могу бити и угљоводоници са веома малом молекулском масом, укључујући и метан, у процесу пиросинтезе. Овај процес се дешава на температурама које прелазе 500° C, када долази до цепања угљеник-водоник и угљеник-угљеник веза и формирања слободних радикала. Настали радикали подлежу дехидрогенизацији и хемијски се комбинују, да би се на крају формирала стабилна циклична једињења. Типичан пример процеса пиросинтезе полазећи од етана дат је у следећој једначини:



Теденција угљоводоника да формирају *PAH* једињења у процесу пиросинтезе опада у низу: аромати

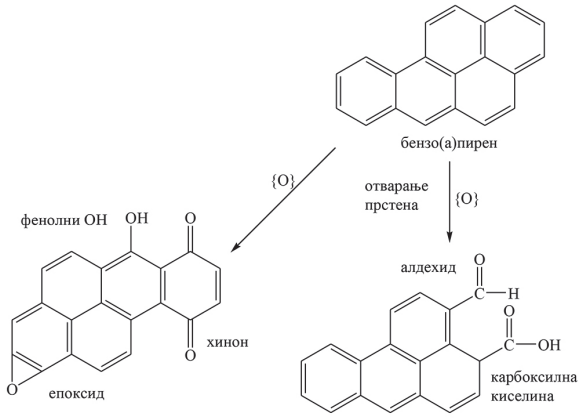
> циклоолефини > олефини > парафини. Наиме, циклична структура је погодна за формирање *PAH* једињења, као и присуство незасићења, јер су таква једињења осетљива на адиционе реакције.

PAH једињења су добила на важности када се дошло до сазнања о њиховим канцерогеним ефектима. Међу истакнутијим једињењима ове групе убрајају се поред бензопирена, бензоантрацен, хризен и бензо(j)флуорантрен. Структуре наведених једињења дате су на Слици 4:



Слика 4. Структура неких *PAH* једињења.

Повећане концентрације *PAH* једињења и до 20 μg/m^3 могу се детектовати у урбаним срединама, као и у близини шумских или преријских пожара. Такође, дим цигарете може да садржи око 100 μg/m^3 *PAH* једињења. Атмосферска *PAH* једињења су нађена скоро искључиво у чврстом стању, углавном апсорбована на честицама чађи. Бензо(а)пирен апсорбован на честицама чађи разлаже се брзо у присуству светлости, формирајући оксидационе производе. У оксидационе производе бензо(а)пирена спадају епосксиди, хинони, феноли, алдехиди и карбоксилне киселине, као што се може видети у следећој реакцији:



ВОДА КАО АТМОСФЕРСКА ЧЕСТИЦА

Капљице воде су широко распрострањене у атмосфери. Штетан ефекат капљица воде манифестује се кроз смањење видљивости, али и преко особине да оне могу бити носиоци многобројних загађивача. Раствори неких соли, попут амонијум-нитрата и амонијум-сулфата, као и раствори јаких киселина су изузетно корозивни. На пример, *pH* воде у капљицама киселе магле може бити и до 1,7, што је много ниже од *pH* вредности киселих киша. Кисела магла је нарочито штетна за респираторни систем.

Вероватно најзначајнији ефекат водених капљица у атмосфери јесте као медијум у коме се дешавају важни атмосферски хемијски процеси. Један од таквих процеса јесте оксидација сумпор(IV)-оксида до сумпорне киселине. Овај процес може бити катализован честицама гвожђа. Такође, оксидација алдехида до карбонских киселина је још једна важна реакција која се дешава у атмосферским капљицама воде.

Хидроксил радикал (OH·) је значајна компонента за покретање већ поменутих атмосферских оксидационих реакција. Он може ући у капљицу воде из гасне фазе атмосфере или може настати у капљицама воде фотохемијским путем на основу реакције:

$$H_2O + h\nu \longrightarrow HO^{\cdot} + H$$

Примећено је да ултраљубичасто зрачење таласне дужине 313 nm може произвести хидроксил радикал у узорцима воде прикупљеним из облака и магле [5]**.** Такође, хидроксил радикал може настати фотохемијским разлагањем водоник-пероксида:

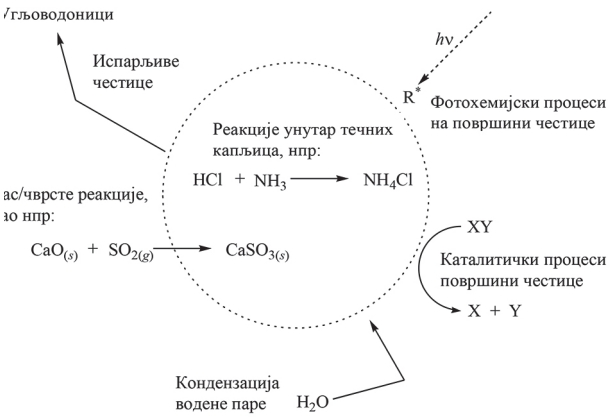
$$H_2O_2 + h\nu \longrightarrow 2HO^{\cdot}$$

или у реакцији водоник-пероксида и кисеоник супероксидног анјон-радикала по следећој реакцији:

$$H_2O_2 + {}^{\cdot}O_2^{-} \longrightarrow HO^{\cdot} + O_2 + OH^{-}$$

АТМОСФЕРСКЕ РЕАКЦИЈЕ КОЈЕ УКЉУЧУЈУ ЧЕСТИЦЕ

У последњих неколико година многобројни резултати истраживања довели су до сазнања о великој важности атмосферсих честица у атмосферским хемијским процесима који се одигравају било на површини честица или унутар њих. Неки од тих процеса приказани су на Слици 5.



Слика 5. Атмосферске реакције на површини и унутар честица

Површина чврстих честица може адсорбовати реактанте и производе, служити као катализатор, размењивати наелектрисања и апсорбовати фотоне електромагнетног зрачења. Честице на чијој површини се најчешће дешавају неке од важнијих атмосферских хемијских процеса су чађ и активни угаљ, оксиди, карбонати, силицијум-диоксид и минерална прашина. Оне могу бити различитог пречника и површине. Неки од атмосферских процеса који се дешавају на површини

честица су хидролиза азот(V)-оксида, генерисање азотасте киселине (прекурсора хидроксил радикала), реакције хидроксил радикала са неиспарљивим хемијским супстанцама, адсорбција, реакције карбонилних једињења итд.

Течне честице имају улогу растварача, тако да су у њима превасходно заступљене реакције у растворима које укључује и фотохемијске реакције.

ЕФЕКТИ АТМОСФЕРСКИХ ЧЕСТИЦА

Ефекти честица могу бити разноврсни. Сами или у комбинацији са осталим загађивачима, честице могу бити изузетно штетне за људско здравље. Поред тога могу оштетити материјале, утицати на смањење видљивости или узроковати нежељене естетске ефекте. Оне такође обезбеђују активну површину на којој се дешавају многобројне хетерогене реакције, а поседују и способност да делују као нуклеуси за кондензацију атмосферске воде или других компонената атмосфере [6].

Добро је познато да честице веома малих димензија (мање од 2,5 μm) имају велики штетни потенцијал, укључујући и ефекте штетне по здравље људи. Честице инхалиране путем респираторног система могу довести до појаве астме, а у крајњим случајевима и до смрти узроковане срчаним и плућним болестима. Релативно велике честице се задржавају у носној дупљи или у ждрелу, док мање, тзв., респираторне честице, стижу до плућа где се задржавају. Респираторни систем је директно оштећен, а додатна оштећења организма дешавају се транспортом супстанци помоћу крвног или лимфног система.

Честице малих димензија (мање од 1 μm) садрже већу количину органске материје и обично настају као производ реакција сагоревања. Ове честице су од нарочите важности из разлога што лако доспевају у плућне алвеоле. Додатно, могу бити обогаћене још штетнијим компонентама, као што су токсични тешки метали.

Састав аеросоли сачињавају најчешће вода, сулфати, нитрати, амонијак, силикати и метални оксиди. Веома мале честице су обично киселог карактера, због конверзије сумпор-оксида у сумпорну киселину. Честице већих димезија, које настају на пример у току механичких процеса, имају већу тенденцију да буду базне. Најважнији ефекат аеросоли је отпички ефакат. Честице мање од 0,1 μm у пречнику расипају светлост, а ова појава позната је као *Рејлијево расејање*. Оне немају велики утицај на смањење видљивости. Међутим, честице пречника од 0,1- 1 μm узрокују феномен мешања, зато што су истих димензија као и таласна дужина видљиве светлости, тако да је ефекат расипања светлости посебно изражен.

Велика количина атмосферских гасова хемијским процесима у атмосфери се претвара у честице [7]. Међу честицама најодговорнијим за ову конверзију су органски атмосферски загађивачи и оксиди азота, који у комбинацији повећавају количину тропосферског озона формирајући фотохемисјки смог.

ЕМИТЕРИ И КОНТРОЛА ЕМИСИЈЕ ЧЕСТИЦА

Постоје неколико важних емитера честица, како природног, тако и антропогеног порекла. Од природних емитера значајни су мора и океани, шумски пожари и вулканске ерупције, хемијски, биохемијски и микробиолошки процеси разградње живог материјала, а од антропогених то су првенствено транспорт и индустријска постројења.

У индустрији могу бити емитована различита једињења током једноставних процеса млевења материјала или током сложених хемијских или биохемијских синтеза. Тада се првенствено емитују честице настале сагоревањем угља, које производе секундарне сулфате, секундарне нитрате и секундарне органске аеросоли добијене хемијским процесима органских загађивача.

Данас се улаже пуно напора за смањење количине и контролу емисије свих загађивача, па и честица. Уређаји који се користе су многобројни и међусобно се разликују по ефикасности, сложености и цени. Наравно, врста уређаја зависи од величине честице и њеног хемисјког састава. Седиментација, у специјално конструисаним коморама, је феномен који се најчешће користи. Потом, примена фабричких филтера различите порозности, колектора, циклона, а у неким случајевима и електростатичких таложника, је врло занчајна за ефикасно уклањање чак и честица изузетно малих димензија из антропогених емитера, а све у циљу поштовања законских регулатива о контроли и нивоу емисије полутаната.

ЗАКЉУЧАК

Течне или чврсте дисперговане супстанце у атмосфери, познате као честице у ваздуху, су врло значајна група загађивача. Било да се ради о таложним материјама, аеросолима или честицама јако малих димензија ефекат који оне проузрокују на људско здравље, биљни и животињски свет и материјале је врло штетан. У свом саставу могу да садрже различита једињења метала и неметала, воду, радиоактивне изотопе, чађ, пепео, азбест, разноврсна органска једињења, као и многобројне токсичене и канцерогене компоненте. Понашање честица у атмосфери јако зависи од положаја емитера, али и од временских услова, јер примарно емитоване честице могу учествовати у различитим хемисјким и фотохемијским реакцијама мењајући првобитан састав. Такође, честице могу имати улогу катализатора за многобројне реакције у атмосфери. Из тог разлога је одређивање њиховог састава и концентрације веома важно, у циљу одржавања квалитета ваздуха и атмосфере, што је један од приоритета данашњице.

Abstract

PARTICULATE MATTER – ATMOSPHERIC POLLUTANTS

Dušan ĆOĆIĆ, Biljana PETROVIĆ, *Faculty of Science, University of Kragujevac, Radoja Domanovica 12, P.O.Box 60, 34000 Kragujevac, Serbia*

The presence of pollutants in the atmosphere is a global problem and we are confronted every day with the consequences caused by uncotrolled anthropogenic emission. Although all pollutants are equally important, the particles in the atmosphere, whether organic or inorganic composition, can couse extremely harmful effects primarily on human health. In their composition may be present different toxic and carcinogenic components, such as lead, mercury, cadmium, PAH compounds, so it is very important to determine their concentration and composition. Also, it is important to note that under the conditions prevailing in the atmosphere particulate matter can be changed through many chemical and photochemical reactions. By changing awareness as well as application of the regulations within legal, control the pollutant emissions must be a priority in the various aspect of sustainable development of the Earth.

ЛИТЕРАТУРА

1. István L., Róbert M., Györgyi G., Ádám L., The structure and composition of the atmosphere, *Atmospheric Chemistry*, Eötvös Loránd University, Budapest, Hungary, 4-12, 2013.
2. Chen, L. C. and M. Lippmann, Effects of metals within ambient air particulate matter (PM) on human healt, *Inhalation Toxicology*, **21**(1), 1-31, 2009.
3. Stanley E., M., Particles in Atmosphere, *Environmental Chemistry*, 9th ed., Taylor & Francis Group, Boca Raton, FL, USA, 265-283, 2010.
4. Ravindra, K., R. Sokhi, and R.V. Grieken, Atmospheric polycyclic aromatic hydrocarbons: Source attribution, emission factors and regulation, *Atmospheric Environment,* **42**, 2895-2921, 2008.
5. Zuo, Y., Light-induced formation of hydroxyl radicals in fog waters determined by an authentic fog constituent, hydroxymethanesulfonate, *Chemosphere*, **51**, 175-179, 2003.
6. Laskin, A., D. J. Gaspar, W. Wang, S, W. Hunt, J. P. Cowin, S. D. Colson, and B. J. Finlayson-Pitts, Reactions at interfaces as a source of sulfate formation in sea-salt particles, *Science*, **301**(5631), 340-344, 2003.
7. Clement, C.F., Mass transfer to aerosols, in *Environmental Chemistry of Aerosols*, Ian Colbeck, Ed., Blackwell Publishing Ltd., Oxford, UK, pp. 49-89, 2008.

ВЕСТИ из ШКОЛЕ
ВЕСТИ за ШКОЛЕ

Тамара ПРЕМОВИЋ[1], Мила ТОМОВИЋ[2], Аница ГРАЧАНИН[1]
[1]Средња стручна школа „4. јули“, Врбас, tamara.premovic@gmail.com
[2]Техничка школа „Павле Савић“, Нови Сад

ПРИМЕНА *PLTL*[A)] МЕТОДЕ – МЕТОДЕ ИСТРАЖИВАЧКОГ ГРУПНОГ УЧЕЊА ХЕМИЈЕ НА ПРЕДМЕТУ ОПШТА ХЕМИЈА

ИЗВОД

У овом раду су приказани различити облици примене PLTL методе, методе вршњачки вођеног истраживачког групног учења, у изучавању основних хемијских садржаја. Иако ова метода у настави хемије показује одличне резултате још увек се истраживачко учење у малим групама ђака не примењује масовније на свим нивоима образовања и изучавања хемије. Сматра се да су главни разлози неадекватне примене ове методе у изучавању хемијских садржаја у основним и средњим школама недовољна дистрибуираност ове методе, као и незнање и незаинтересованост наставника хемије. Стога је потребно више пажње и простора посветити PLTL методи и радити на њеном осавремењавању.

PLTL МЕТОДА – ПРИМЕНА У ПРАКСИ

У претходним прегледима литературе [1] приказане су и објашњене теоријске основе и специфичности PLTL методе, методе вршњачки вођеног истраживачког групног учења. С обзиром на огромне потенцијале таквог начина учења хемије, бројни аутори су на тај начин конципирали и реализовали наставу, и то претежно на академском нивоу на курсевима опште хемије. Стога је у наставку анализирана примена различитих модалитета радионичарског начина рада у изучавању основних хемијских садржаја.

Тако је, на пример, у циљу ефикаснијег изучавања опште хемије на првој години студија, на Универзитету у Порто Рику, 1997. године направљен специфичан облик PLTL методе, тзв. C2C (Chem-2-Chem) програм.

[a)]PLTL - Peer-Led Team Learning (Вршњачки вођено тимско учење)

Специфичност програма била је у томе што је групу студената предводио вршњачки ментор, док су остали формални сегменти, укључујући и материјал за припрему студената, преузети из општег облика PLTL методе у настави хемије [2].

У C2C програму је током анализираних седам година учествовало око 21% од свих студената уписаних на предмету опште хемије овог универзитета. Студенти који су се определили да учествују у курсу C2C су били подељени у радне групе предвођене вршњачким ментором. У складу с њиховим слободним временом одржавани су састанци група, за које је предвиђено време од три сата недељно (у виду једног или два састанка). Од учесника курса се очекивало да активно уче, присуствују и учествују у раду радионица у току целог семестра, на којима су се тумачили наставни садржаји обрађени на предавањима.

Приступање C2C курсу било је на добровољној бази, као додатна активност предавањима, идентичним за све студенте предмета општа хемија. Ефикасност курса је одређена упоређивањем оцена из опште хемије студената који су похађали курс (експериментална група) и оних који то нису (контролна група). Статистичком обрадом резултата добијених током седмогодишњег истраживања утврђено је да је значајно већи број успешних студената био полазник курса C2C.

У односу на студенте који нису похађали курс C2C, у просеку је 58% више полазника курса добило закључну оцену A, 27% више добило је оцену B, а 23% више оцену C. С друге стране, 27% мање полазника курса је добило оцену D, 33% мање оцену F и 39% мање оцена W (оцена A одговара највишим постигнућима, F означава да испит није положен, а W се односи на студенте који су одустали од курса). Нарочито уочљив и значајан ефекат C2C програма био је у смањењу броја студената који су се исписали са предмета опште хемије (скоро 40%) у поређењу с онима који нису похађали радионице. На тај начин постигнуто је знатно смањење институционалних трошкова који настају када студенти поново слушају исти предмет у наредним школским годинама због лошег постигнутог успеха или услед исписивања са предмета. По завршеном испитивању спроведено је анкетирање учесника о искуству са C2C програмом. Више од 90% испитаника оценило је одличном оценом вршњачку подршку, док је више од 95% било заинтересовано за учешће у будућим C2C програмима.

За разлику од вршњачког ментора у C2C програму и лидера у општем облику PLTL методе у настави хемије, студенте на Универзитету у Портланду је у радионичарском раду предводио тим од три вршњачка лидера. Специфичност методе таквог вршњачки вођеног учења на стандардном двосеместралном курсу опште хемије су, поред трочланог тима вршњачких вођа, веома мале групе у радионици од 3 до 5 студената [3]. Састав група се није мењао током трајања семестра, као ни састав тимова вршњачких вођа, чији су чланови били: „вођа тима“, који је био искусан и већ је обављао ту функцију, „помоћник вође тима", који је био са мање искуства од вође тима, и трећи члан који је био почетник на том послу. Састанци и дискусије група са вршњачким тимом су реализоване као изборна додатна активност студената (као додатак класичним предавањима), а одржани су 11 пута током 13 недеља трајања семестра (нису били одржани прве и последње недеље семестра). Од укупног броја студената опште хемије, њих 249 је прихватило да учи кроз интеракцију у малим групама, предвођеним лидерима. Они су чинили експерименталну групу. Контролну групу је чинило 117 студената који су одбили учешће у радионицама. Наставни садржаји курса, предавања, предавачи, уџбеници, као и критеријуми и мерила постигнућа студената су били идентични за припаднике експерименталне и контролне групе. Као мерило постигнућа студената у овој студији коришћени су подаци о завршним оценама са испита. Током трајања семестра сви студенти су полагали четири теста, а резултати са тестова су такође коришћени као параметри постигнућа ученика. Сви учесници курса су пре његовог почетка тестирани и утврђено је да не постоје статистички значајне разлике у предзнању између чланова експерименталне и контролне групе.

Резултати добијени спроведеним истраживањем показују да постоје значајне разлике у просечним вредностима закључних оцена из овог испита између припадника експерименталне и контролне групе, које износе 3,39 и 2,71, респективно. Такође, резултати чланова експерименталне групе на сва четири теста током семестра су били значајно бољи од резултата чланова контролне групе (на 1. тесту: 124,08, наспрам 115,14; на 2. тесту: 136,23, наспрам 110,56; на 3. тесту: 149,27, наспрам 132,00; на 4. тесту: 116,89, наспрам 93,98). Тиме је потврђена ефикасност PLTL методе и у овом специфичном облику у реализацији наставе хемије.

Док су радионице на предмету општа хемија Универзитета у Портланду и Универзитета у Порто Рику одржаване као добровољна додатна активност, PLTL модел рада на предмету општа хемија на Универзитету у Јужној Флориди је реализован на рачун трећине времена предвиђеног за класична предавања. Специфичност примене методе на Универзитету у Јужној Флориди је у релативно великом броју студената унутар сваке радне групе, њих 10, који су се састајали једном недељно у трајању од 50 минута. Међутим, и овакав начин примене PLTL модела рада у изучавању хемијских садржаја се показао веома успешним.

Настава опште хемије се на овом универзитету традиционално реализовала кроз предавања заједничка за целу класу студената. Како би се дао већи значај истраживачком групном раду, спроведена је реформа којом је на рачун дела предавања уведено вршњачки вођено учење [4]. Настава опште хемије у току овог истраживања је реализована на следећи начин: студенти контролне групе (154) су се састајали три пута недељно на предавањима у трајању од по 50 минута, док су чланови експерименталне групе (70) имали недељно два предавања од по 50 минута и једну PLTL седницу. Седница је одржавана у групама од по 10 студената предвођених вршњачким лидером, у трајању од 50 минута. Уџбеник, писани материјали са

предавања и презентације наставних садржаја, као и анализиране теме биле су потпуно исте за обе групе, али су студенти експерименталне групе брже и са мање примера савладавали садржаје и долазили до решења. Током семестра сви студенти су имали идентичне тестове, четири теста и један завршни тест Америчког хемијског друштва, које су полагали увек у исто време, а чији су резултати коришћени за утврђивање ефикасности примењеног PLTL модела. Поређењем резултата са свих пет тестова утврђене су разлике међу члановима експерименталне и контролне групе (табела 1). Студенти из експерименталне групе су на свим тестовима (током семестра и на завршном тесту) показали значајно боље резултате од чланова контролне групе, а разлике су биле све веће током семестра. То се објашњава прогресивним утицајем PLTL методе како семестар и градиво одмичу, која студентима користи све више што они дуже на тај начин раде.

Табела 1. Резултати тестова из опште хемије ученика контролне и експерименталне групе

ТЕСТ	ГРУПА	СР. ВРЕДНОСТ (бодови)
1.	Контролна (n=154)	48,3
	Експериментална (n=70)	*53,7*
2.	Контролна (n=154)	55,5
	Експериментална (n=69)	*63,1*
3.	Контролна (n=151)	55,9
	Експериментална (n=70)	*66,3*
4.	Контролна (n=153)	42,8
	Експериментална (n=70)	*53,7*
ЗАВРШНИ ТЕСТ*	Контролна (n=151)	50,9
	Експериментална (n=70)	*57,6*

* тест Америчког хемијског друштва

По завршеном истраживању чланови експерименталне групе су кроз анкету упитани о искуствима са радионица. Добијени резултати су углавном били позитивни: 76% студената сматрало је да је рад у PLTL групи био врло користан, да им је помогао у разумевању појмова и решавању проблема, док је седморо студената сматрало да су били ускраћени због пропуштених предавања. Висок проценат студената, 85%, наставио би да на тај начин учи хемију у наредном семестру, док је 58% изјавило да би учествовало у PLTL активностима које би биле организоване као изборни, додатни део курса.

Радионичарски модел рада се показао успешним за стицање знања и вештина и у хемијској лабораторији [5, 6, 7]. На Универзитету у Питсбургу испитивана је примена истраживачког вршњачки вођеног учења у лабораторији као саставном делу курса опште хемије. Ефекти примене PLTL модела рада у хемијској лабораторији праћени су на крајњем лабораторијском испиту, поређењем постигнућа студената који су радили по овој методи и постигнућа оних који су примењивали конвенционалне методе рада у лабораторији.

У оквиру курса опште хемије три пута недељно су одржаване лабораторијске вежбе на којима су кроз демонстрационе огледе и експериментални рад разматрани хемијски садржаји, који су претходно представљени на предавањима. Вежбе су реализоване у групама од 20 до 24 студента, под руководством дипломираних студената. У неколико лабораторијских група уместо дипломираних студената руковођење је преузео тим од 3 до 4 вршњачка лидера. Величина групе у лабораторији по овој методи не премашује 8 чланова. Извођењу експеримената у конвенционалном лабораторијском раду претходила су предавања дипломираних студената у трајању од 15 до 30 минута. Она су обухватала објашњења хемијских појмова и лабораторијских техника, које ће бити примењене у експериментима чије извођење следи. PLTL метода подразумева истраживачки и активан однос вршњачких вођа и студената не само у практичном раду, већ и на састанцима група одржаваним непосредно пре лабораторијских вежби. На тим састанцима пажња је била посвећена анализирању малог броја појмова и разумевању вештина неопходних за успешно извођење експеримената. Сваки студент је био одговоран да припреми одговоре на претходно додељена предлабораторијска питања и да их представи целој групи. После излагања студента уследела би расправа осталих чланова групе на ту тему из које су они активно учили једни од других, а вршњачки лидери су помагали кад је то било потребно. Након тога је реализован рад у лабораторији. И у конвенционалним и у PLTL групама експерименти су били идентични, а након практичног рада студенти су писали, свако за себе, извештаје о урађеним лабораторијским вежбама.

Узорак испитаника који су учествовали у овом истраживању чинило је 6 контролних (конвенционалних) група, са укупно 129 студената, и 6 експерименталних група (PLTL радионице), са укупно 39 студената. Сваку групу је предводио други дипломирани студент, односно, вршњачки вођа. Постигнуће у лабораторијском раду учесника свих група је оцењивано преко завршног писменог теста. Тест се састојао од низа питања, од којих је већина захтевала есејски стил одговарања. Уведен је систем вредновања одговора у три ранга (1. ранг -„слаб“, 2. ранг – „добро“, 3. ранг – „одлично“). У рангу „слаб“ су били одговори са изостављеним битним сегментима наставних садржаја, али без нетачних и незадовољавајућих одговора. Ранг „добро“ је подразумевао коректне, али непотпуне одговоре, а ранг „одлично“ је био ранг свеобухватних тачних одговора. Јасноћа написаних одговора и дужина одговора су били анализирани за сва питања на завршном тесту из лабораторије. Установљено је и вредновање дужине написаних одговора у три ранга: ранг 1: 0-25% странице је испуњено; ранг 2: 26-50% странице је испуњено; ранг 3: више од 50% странице је испуњено.

Резултати добијени спроведеним истраживањем показују да су на завршном писменом тесту из лабораторије студенти у експерименталној групи остварили значајно већи проценат одговора ранга 3 – одличних и свеобухватних одговора (32% у поређењу с 18% у контролној групи), а мањи проценат одговора ранга 1 – слабих одговора (34% у поређењу с 50% у контролној групи). Студенти експерименталне групе су написали више одговора дужине преко пола странице (28% наспрам 12% у контролној групи). Утврђено је и постојање јаке корелације између дужине одговора и квалитета одговора. Верује се да је на бољи квалитет и већу дужину одговора учесника радионице утицала њихова већа мотивисаност да добро ураде тест. По завршетку курса учесници су били упитани за мишљење и искуства са курса. Учесници радионице били су задовољнији стеченим искуствима и знањима, неупоредиво више него студенти у конвенционалном лабораторијском раду. Нарочито су истакли побољшану прецизност у експерименталном раду, као и прецизност и тачност при добијању, анализирању и представљању података.

Примена PLTL методе се показала потребном и изузетно корисном на свим нивоима и за све учеснике PLTL тима. Модел вршњачки вођеног истраживачког учења има веома позитиван утицај не само на оне који су учесници у радионицама, већ и на студенате - вршњачке вође који су једна од специфичности PLTL модела, по којој се ова метода и издваја од других облика истраживачког групног рада. Улога лидера у реализацији радионичарског модела рада је вишеструка. Они ангажују учеснике у истраживању хемијских садржаја, храбре их и стимулишу у решавању проблема, у разумевању различитих појмова и метода, подстичу их да међусобно сарађују. Лидери пружају учесницима и конкретну помоћ око хемијских садржаја када група не може сама да нађе решење [1, 5, 7-10]. Они осмишљавају рад, бирају садржаје и материјале и усмеравају рад. Уз то, кроз рад у радионици и курсеве обуке које похађају све време током реализације PLTL модела рада, лидери значајно развијају своја знања, вештине и способности [3, 4, 11, 12]. Позитиван утицај реализације лидерских функција на успех вршњачких вођа у њиховом даљем студирању и будућем раду и животу је познат [13, 14]. О њему сведоче и резултати бројних истраживања, попут оног које су реализовали Гафни (Gafney) и Varma-Nelson (Варма-Нелзон) (2007) [15] са Универзитета у Рочестеру. Електронским путем је упућен позив за учешће у овом истраживању на адресу 570 бивших лидера из 11 институција. Учешће у истраживању је прихватило њих 119 (око 24%), при чему је 56% било из исте институције. Од укупног броја испитаника, 64 су биле жене, а 55 мушкарци; 116 су као студенти били лидери, а троје као дипломирани студенти. Већина испитаника је радило као вршњачки вођа дуже од једне године. Истраживањем је обухваћен период у распону 1995-2003. године, са вршњачким вођама из више научних дисциплина, превасходно из хемије: 31 њих је учествовало у PLTL методи у општој хемији, 84 у органској хемији, 4 у биологији, а 2 у математици. Програм обуке лидера је прошло 107 (90%) испитаника.

У анкети о постигнутом напретку услед деловања као лидера, сви анкетирани учесници су се сложили да су свесни вишеструких предности, знања, вештина и способности које су добили и развили реализацијом својих лидерских улога. Истакли су и да су свесни стечених вредности и искустава које су вишеструко цењене и које ће свака високошколска установа, као и било који послодавац, тражити и ценити код својих дипломаца и запосленика. Анкетирани лидери су навели и то да им је лидерска улога пробудила жељу да додатно побољшају своју способност тимског рада и презентовања различитих садржаја, али и да их је подстакла да се преиспитају шта је све потребно да буду успешни у професији наставника.

ЗАКЉУЧАК

PLTL модел радионице нема ограничења при изучавању хемијских садржаја. Може се применити у теоријском изучавању хемијских појмова, као и за ефикасно стицање знања и вештина у хемијској лабораторији. Иако примена PLTL методе показује добре резултате, истраживачко учење у малим групама не примењује се масовно на универзитетским курсевима хемије. Сматра се да су главни разлози томе инерција и/или незаинтересованост предавача хемије. Верује се да су то такође и основни разлози због којих се ова метода не примењује масовније на осталим нивоима образовања. Као помоћ и подршку у увођењу и развоју радионица на курсевима и часовима хемије, пожељно би било угледати се на добре примере из праксе и оформити интерактивне семинаре, на којима би лидери водили радионице и илустровали модел рада PLTL свим заинтересованим школама и факултетима и њиховим полазницима.

Поред представљања резултата примене PLTL модела образовним институцијама, важно је континуирано радити на креирању нових материјала и на сталном осавремењавању и усавршавању истраживачког начина рада. Тако би боље одговорили захтевима и потребама ученика и студената, допринели да им учење хемије буде занимљиво и да сваким даном постижу све боље резултате.

Abstract

APPLICATION PLTL METHODS - METHODS RESEARCH GROUP STUDY OF CHEMISTRY (IN THE CASE OF GENERAL CHEMISTRY)

Tamara PREMOVIĆ, Mila TOMOVIĆ, Anica GRAČANIN

In this paper the application of different forms of PLTL methods, methods of peer-led research group learning, associated with the general chemistry is presented. Although this method of chemistry teaching shows excellent results in practice, research based learning in small groups of students do not apply very often at all levels of chemistry education. The main reasons for that could be the ignorance and indifference of chemistry teachers.

Therefore, it is necessary to pay more attention and space for PLTL methods in order to contribute to better students' achievements.

ЛИТЕРАТУРА

1. Премовић, Т., PLTL метода – метода вршњачки вођеног истраживачког групног учења хемије – 1. Део, Хемијски преглед, 54, 2 (2013) 44-48.
2. Baez-Galib, R., Colon-Cruz, H., Resto, W., Rubin, M. R., Chem-2-Chem: A One-to-One Supportive Learning Environment for Chemistry, J. Chem. Educ., 82, 12 (2005) 1859-1864.
3. Lyon, D. C., Lagowski, J. J., Effectiveness of Facilitating Small-Group Learningin Large Lecture Classes, J. Chem. Educ., 85, 11 (2008) 1571-1577.
4. Lewis, S. E., Lewis, J. E., Departing from Lectures: An Evaluation of a Peer-Led Guided Inquiry Alternative, J. Chem. Educ., 82, 1 (2005) 135-140.
5. Branan, D., Morgan, M., Mini-Lab Activities: Inquiry-Based Lab Activities for Formative Assessment, J. Chem. Educ., 87, 1 (2010) 69-72.
6. Lyle, K. S., Robinson, W. R., A Statistical Evaluation: Peer-led Team Learning in an Organic Chemistry Course, J. Chem. Educ., 80, 2 (2003) 1132-1134.
7. McCreary, C. L., Golde, M. F., Koeske, R., Peer Instruction in the General Chemistry Laboratory: Assessment of Student Learning, J. Chem. Educ., 83, 5 (2006) 804-810.
8. Dinan, F. J., Frydychowski, V. A., A Team Learning Method for Organic Chemistry, J. Chem. Educ., 72, 5 (1995) 429-431.
9. Gosser, D. K., Strozak, V. S., Cracolice, M. S., Peer-Led Team Learning: Workshops for General Chemistry, Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ (2001).
10. Tien, L. T., Roth, V., Kampmeier, J. A., A Course To Prepare Peer Leaders To Implement a Student-Assisted Learning Method, J. Chem. Educ., 81, 9 (2004) 1313-1321.
11. Shields, S. R., Hogrebe, M. C., Spees, W. M., Handlin, L. B., Noelken, G. P., Riley, J. M., Frey, R. F., A Transition Program for Underprepared Students in General Chemistry: Diagnosis, Implementation, and Evaluation, J. Chem. Educ., 89 (2012) 995-1000.
12. Lewis, S. E., Retention and Reform: An Evalution of Peer-Led Team Learning, J. Chem. Educ., 88 (2011) 703-707.
13. Roth, V., Marcus, G., Goldstein, E., Peer-led team learning: A handbook for team leader, Prentice-Hall, Inc., Upper Saddle River, NJ (2001).
14. Tenney, A., Houck, B., Learning about leadership: Team learning's effect on peer leaders, J. Coll. Sci. Teach., 33 (2004) 25-29.
15. Gafney, L., Varma-Nelson, P., Evaluating Peer-Led Team Learning: A Study of Long-Term Effects on Former Workshop Peer Leaders, J. Chem. Educ., 84, 3 (2007) 535-539.

ВЕСТИ ИЗ СХД

АПРИЛСКИ ДАНИ О НАСТАВИ ХЕМИЈЕ

28. СТРУЧНО УСАВРШАВАЊЕ ЗА НАСТАВНИКЕ ХЕМИЈЕ И 1. КОНФЕРЕНЦИЈА МЕТОДИКЕ НАСТАВЕ ХЕМИЈЕ

Универзитет у Београду – Хемијски факултет, 27. и 28. април 2017.

ПРВИ ДАН: 27. април 2017.	
9:00 - 9:30	Отварање скупа
9:30 - 10:10	Пленарно предавање: Хемијски језик из перспективе ученика: алат за учење или нови страни језик? **Доц. др Душица Миленковић**, Природно-математички факултет, Универзитет у Новом Саду
10:10 - 11:00	Саопштења (председава Душица Миленковић): · Процена комплексности проблемских задатака из хемијске технологије, Саша Хорват, Мирјана Д. Сегединац, Природно-математички факултет, Универзитет у Новом Саду · Корелација наставних садржаја хемије и ужестручних предмета за образовни профил виноградар-винар, Исидора Бирињи[1], Мирјана Д. Сегединац[2], [1]Средња стручна школа „Борислав Михајловић Михиз“, [2]Природно-математички факултет, Универзитет у Новом Саду · Учење хемије кроз вршњачки вођен тимски рад, Тамара Премовић, Средња стручна школа „4. јули“, Врбас
11:00 – 11:30	**Пауза**
11:30 - 12:10	Пленарно предавање: ИКТ у настави хемије **Доц. др Биљана Томашевић**, Универзитет у Београду - Хемијски факултет

12:10 - 13:00	Саопштења (председава Биљана Томашевић): · Примена хемијских софтвера у настави хемије, Јелена Ђурђевић Николић и Иван Дамљановић, Природно-математички факултет, Универзитет у Крагујевцу · Употреба видео снимака у настави органске хемије, Иван Дамљановић, Милорад Васојевић, Јелена Ђурђевић Николић, Природно-математички факултет, Универзитет у Крагујевцу · Мишљење наставника о примени компјутерских дидактичких игара у настави хемије у основним и средњим школама, Јасна Адамов и Станислава Олић, Природно-математички факултет, Универзитет у Новом Саду
13:00 – 14:00	**Ручак**
14:00 – 15:30	Радионица: Принципи, основни појмови или велике идеје у настави хемије **В. проф. др Драгица Тривић и Весна Милановић,** Универзитет у Београду - Хемијски факултет

ДРУГИ ДАН: 28. април 2017.	
9:00 – 9:40	Пленарно предавање: Демонстрациони огледи у настави хемије: примери из интерконверзије хемијске енергије у топлотну, светлосну, механичку и електричну енергију **Доц. др Филип Бихеловић**, Универзитет у Београду - Хемијски факултет
9:40 – 9:55	**Пауза**
9:55 – 10:35	Пленарно предавање: Историја хемије у настави хемије из угла истраживача, наставника и ученика **Весна Милановић и в. проф. др Драгица Тривић**, Универзитет у Београду - Хемијски факултет
10:35 - 11:15	Пленарно предавање: Превазилажење механичког запамћивања концепата органске хемије уз примену системичког приступа у настави **Доц. др Тамара Хрин**, Природно-математички факултет, Универзитет у Новом Саду
11:15 – 11:30	**Пауза**
11:30 - 12:40	Саопштења (председава Тамара Хрин): · Авогадрова продавница гасова, Драгана Ивановић-Божић и ученици Гимназије „Патријарх Павле“ у Београду · Истраживачки радови студената студијског програма НАСТАВА ХЕМИЈЕ Хемијског факултета
12:40 – 13:30	Трибина: У сусрет новом циклусу такмичења из хемије ученика основних и средњих школа - искуства и препоруке Модератори: **проф. др Душан Сладић и доц. др Биљана Томашевић,** Универзитет у Београду – Хемијски факултет
13:30 – 14:00	**Евалуација и затварање скупа**

ИЗВЕШТАЈ О РАДУ СРПКОГ ХЕМИЈСКОГ ДРУШТВА У 2016. ГОДИНИ

Делатност Српског хемијског друштва је и у протеклој години била организована кроз рад подружница, СХД-Хемијско друштво Војводине и многобројне секције.

Годишња скупштина Друштва одржана је 24. марта 2016. године на Технолошко-металуршком факултету у Београду на којој су изабрани потпредседници и секретари Друштва на мандатни период од две године. За потпредседнике Друштва изабране су Весна Мишковић Станковић, професор Технолошко-металуршког факултета у Београду и Рада Баошић, професор Хемијског факултета у Београду. За секретаре Друштва изабрани су Игор Опсеница, професор Хемијског факултета у Београду и Мелина Калагасидис Крушић, професор Технолошко-металуршког факултета у Београду.

У оквиру **Априлских дана** просветних радника Србије, 26. и 27. априла 2016. године одржан је **27. семинар за професоре и наставнике хемије** у просторијама Хемијског факултета у Београду. Семинар су похађали наставници и професори хемије са територије Србије, као и пар наставника из Републике Српске; укупно 94 учесника. На семинару је одржано осам популарних предавања.

У 2016. години одржана су 52. по реду **Републичка такмичења из хемије.**

Републичко такмичење из хемије за ученике средњих школа одржано је од 13. до 15. маја 2016. године у организацији Српског хемијског друштва и Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије. Домаћин је био Природно-математички факултет у Нишу. На такмичењу је одабрана и група такмичара за Српску хемијску олимпијаду. Награде за најуспешније такмичаре су обезбедили Српско хемијско друштво и Природно-математички факултет у Нишу. У припреми и жирију такмичења били

су ангажовани: др Душан Сладић, др Нико Радуловић, др Ирена Новаковић, др Полина Благојевић, др Маја Шумар, др Јелена Мутић, Срђан Туфегџић, Видак Раичевић, др Марија Генчић, Драган Златковић, др Виолета Митић, др Александра Павловић, др Снежана Тошић, др Драган Ђорђевић, др Маја Станковић, др Марјан Ранђеловић, др Јелена Митровић, др Милан Стојковић, др Емилија Пецев Маринковић, др Ивана Рашић Мишић, Милена Живковић, Марко Младеновић, Миљана Ђорђевић, Милица Николић, Милица Тодоровска, Соња Филиповић, Нена Велинов, Слободан Најдановић, Марко Пешић, Јована Ицковски, Милица Стевановић, Магдалена Тасић, др Милан Декић, Ана Милтојевић, Марко Денић.

Републичко такмичење из хемије за ученике основних школа, у организацији Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије и Српског хемијског друштва, одржано је 21. и 22. маја 2016. године у Основној школи „Милан Илић Чича“ у Аранђеловцу. Републичку комисију су чинили: Драгица Тривић, Биљана Томашевић, Милош Милчић, Милан Николић, Рада Баошић, Наталија Половић, Александар Лолић, Никола Стевановић, Игор Матијашевић, Весна Милановић, Александар Ђорђевић, Милена Тошић, Александар Савић и Ана Тадић.

Трећа српска хемијска олимпијада за ученике средњих школа одржана је 27. и 28. маја 2016. у Београду и Новом Саду у организацији Српског хемијског друштва, Нафтне индустрије Србије, Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије, Хемијског факултета Универзитета у Београду, Природно-математичког факултета Универзитета у Нишу и Природно-математичког факултета Универзитета у Новом Саду. Ово такмичење је истовремено било и изборно такмичење за 48. међународну хемијску олимпијаду. Практични део такмичења одржан је на Хемијском факултету у Београду 27. маја, а теоријски део на Природно-математичком факултету у Новом Саду, 28. маја. Свечано проглашење победника било је у просторијама Нафтне индустрије Србије. Комисију су сачињавали: др Душан Сладић, др Нико Радуловић, др Ирена Новаковић, др Полина Благојевић, др Маја Шумар, Видак Раичевић, Срђан Туфегџић, др Божидар Чобељић, др Милош Трајковић, Марко Јеремић, др Марија Генчић, Милена Живковић, Марко Пешић.

53. Саветовање Српског хемијског друштва одржано је 10. и 11. јуна 2016. године на Природно-математичком факултету у Крагујевцу. На скупу је учествовало 120 учесника, а по доброј традицији изложени су оригинални научни радови из практично свих области хемије, хемијске технологије и металургије. Рад скупа био је пленарног карактера, а у оквиру научног програма познати научници из иностранства су одржали следећа пленарна предавања: 1. Tatjana Parac-Vogt, KU Leuven, Department of Chemistry, Laboratory of Bioinorganic Chemistry, B-3001 Leuven, Belgium, "Polyxometalates as artificial enzymes"; 2. Marcel Swart, FRSC, ICREA Research Professor at Institut de Química Computacional i Catàlisi (IQCC), University Girona, Spain, "Spinning around in transition-metal chemistry"; 3. Iztok Turel, Faculty of Chemistry and Chemical Technology, University of Ljubljana, Ljubljana, Slovenia, "Interactions of metal ions with old drugs".

Поред пленарних предавања, одржана су три предавања по позиву и четири секцијска предавања. На саветовању је презентовано и 107 саопштења подељених у четири постерске сесије (Неорганска хемија, Органска хемија, Аналитичка хемија и Биохемија), од чега су 24 рада саопштена усмено, док су 83 рада приказана у оквиру постерских презентација. Кратки изводи ових саопштења, као и пленарних предавања, предавања по позиву и усмених саопштења, штампани су у Књизи извода. Додељене су три IUPAC-ове постерске награде, ауторима са Природно-математичког факултета из Новог Сада и Крагујевца и Технолошко-металуршког факултета из Београда.

48. Међународна хемијска олимпијада одржана је од 23. јула до 1. августа 2016. у Тбилисију (Грузија) на којој су учествовала 264 такмичара из 67 земаља. Екипи из Србије ово је било пето учешће на овом такмичењу. Сви наши ученици су освојили медаље – сребрну медаљу Павле Крављанац, ученик IV разреда Прве београдске гимназије, а бронзане медаље Јован Стојковић, ученик IV разреда Гимназије „Бора Станковић“ из Врања, Стефан Стојановић, ученик IV разреда Гимназије из Лесковца и Андреј Кукурузар, ученик III разреда Гимназије „Вељко Петровић“ из Сомбора. Стефан Стојановић је био освајач бронзане медаље и прошле године на 47. Међународној хемијској олимпијади која је одржана у Бакуу (Азербејџан). По билансу медаља на овој олимпијади Србија заузима 24. место у свету, а 10. место у Европи. Припреме, под руководством ментора др Ника Радуловића и др Душана Сладића, одржане су на Хемијском факултету у Београду, а учешће екипе је финансирано од стране Нафтне индустрије Србије, Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије, фирме „KPMG d.o.o.“, фирме „Браћа Мирчић “- оптика и сатови и Српског хемијског друштва.

4. конференција младих хемичара одржана је 5. новембра 2016. године на Технолошко-металуршком факултету Универзитета у Београду у организацији Српског хемијског друштва и Клуба младих хемичара Србије. Научни програм Конференције био је посвећен хемији макромолекула и нанотехнологијама, а у оквиру програма одржано је једно пленарно предавање и два предавања по позиву. Било је прихваћено укупно 108 радова. Европска мрежа младих хемичара обезбедила је новчану награду за учеснике Конференције за најбоље постерско саопштење у износу од 100 ЕУР. Гост Конференције био је Фернандо Гомолон-Бел, председавајући Европске мреже младих хемичара (EYCN - European Young Chemists' Network).

КЛУБ МЛАДИХ ХЕМИЧАРА

Управни одбор Клуба младих хемичара Србије (Вук Филиповић, Јелена Радивојевић, Живота Селако-

вић) је поднео Извештај о раду из кога се види да су чланови Клуба били веома активни. Поред успешно организоване 4. конференције младих хемичара, присуствовали су и једанаестом годишњем састанку Европске мреже младих хемичара који је одржан у Гимараешу у Португалији од 26. до 30. априла. Захваљујући ангажману у Европској мрежи младих хемичара, чланица Клуба Јелена Лазић присуствовала је међународној конференцији "Mobility and Mentoring–Increasing Employment of Young People in the European Chemical Industry", која је одржана у Бечу од 7. до 9. септембра. Управни одбор Клуба одржао је више корисних састанака са председником Европске мреже младих хемичара Фернандом Гомолон-Белом.

Свечана скупштина Српског хемијског друштва одржана је 7. децембра 2016. године у Свечаној сали Српске академије наука и уметности у Београду. У складу са традицијом добитник Медаље за трајан и изванредан допринос науци за 2015. годину, др Богдан Шолаја, одржао је предавање: „*Да ли је могуће искоренити маларију*?". Добитник Медаље за прегалаштво и успех у науци за 2015. годину, др Давор Антанасијевић, одржао је предавање под називом „*Примена вештачких неуронских мрежа код мониторинга емисије и концентрације загађујућих материја у ваздуху и водама*"

Председник Комисије за јавна признања СХД, Игор Опсеница, известио је о годишњим наградама и признањима. Награђени студенти су уз диплому добили бесплатно двогодишње чланство у Друштву и двогодишњу претплату на *Journal of the Serbian Chemical Society*. Награђено је 39 студената факултета широм Србије. Поред тога, седморо најбољих студената су добили Годишње награде Друштва.

Добитници Специјалног признања за изванредан успех у студирању су:

Петровић Стефан, Природно-математички факултет, Ниш – 9,73

Асановић Игор, Хемијски факултет, Београд – 9,97

Марковић Јована, Хемијски факултет, Београд – 9,84

Вуњак Милица, Хемијски факултет, Београд – 9,81

Димитријевић Теодора, Хемијски факултет, Београд – 9,68

Лукач Милица, Хемијски факултет, Београд – 9,65

Лукић Кристина, Хемијски факултет Београд – 9,52

Тршић Невена, Хемијски факултет Београд – 9,52

Ђорђевић Исидора, Технолошки факултет, Лесковац – 9,85

Костић Ана, Технолошки факултет, Лесковац – 9,80

Станковић Александра, Технолошки факултет, Лесковац – 9,70

Степановић Јована, Технолошки факултет, Лесковац – 9,68

Јакшић Александар, Технолошки факултет, Лесковац – 9,60

Петровић Милош, Технолошки факултет, Лесковац – 9,58

Бертић Марко, Природно-математички факултет, Нови Сад – 9,97

Медић Игор, Природно-математички факултет, Нови Сад – 9,97

Белић Дијана, Природно-математички факултет, Нови Сад – 9,88

Згоњан Теа, Природно-математички факултет, Нови Сад – 9,84

Граховац Весна, Природно-математички факултет, Нови Сад – 9,78

Лукић Мирјана, Природно-математички факултет, Нови Сад – 9,78

Рашић Ива, Природно-математички факултет, Нови Сад – 9,75

Шипка Тамара, Природно-математички факултет, Нови Сад – 9,73

Веселиновић Дуња, Природно-математички факултет, Нови Сад – 9,71

Јањић Николина, Природно-математички факултет, Нови Сад – 9,58

Пеић Тукуљац Маријана, Природно-математички факултет, Нови Сад – 9,56

Мићић Никола, Природно-математички факултет, Нови Сад – 9,53

Миљић Милорад, Природно-математички факултет, Нови Сад – 9,50

Мартиновић Ференц, Технолошки факултет, Нови Сад – 9,88

Влајков Вања, Технолошки факултет, Нови Сад – 9,88

Орозовић Мирко, Технолошки факултет, Нови Сад – 9,74

Мијатовић Бојан, Технолошки факултет, Нови Сад – 9,70

Перовић Милица, Технолошки факултет, Нови Сад – 9,65

Танасић Јелена, Технолошки факултет, Нови Сад – 9,63

Бошковић Стефан, Технолошко-металуршки факултет, Београд – 9,73

Димитријевић Александра, Технолошко-металуршки факултет, Београд – 9,65

Вукајловић Ђурђа, Технолошко-металуршки факултет, Београд – 9,56

Вукајловић Јована, Технолошко-металуршки факултет, Београд – 9,56

Коцић Стефан, Факултет за физичку хемију, Београд – 9,73

Фако Едвин, Факултет за физичку хемију, Београд – 9,59

Добитници **Годишње награде СХД за 2016**. годину, признања које носи и новчану награду су:

Новаковић Михајло, Факултет за физичку хемију, Београд – 10

Раичевић Видак, Природно-математички факултет, Нови Сад – 10

Берић Сања, Природно-математички факултет, Нови Сад – 10

Стојанов Надежда, Природно-математички факултет, Нови Сад – 10

Алексић Снежана, Технолошко-металуршки факултет, Београд – 10

Илић Ђурђић Карла, Хемијски факултет, Београд – 9,97

Вукмановић Стефан, Технолошки факултет, Нови Сад – 9,94

Финансијски део награда, за ову годину, за седморо студената, обезбедио је Технолошко-металуршки факултет Универзитета у Београду.

На свечаној скупштини је за почасног члана изабран др Живадин Бугарчић, а **за заслужног** члана др Нико Радуловић.

Медаља за прегалаштво и успех у науци додељена је **др Биљани Глишић,** као израз признања за резултате истраживања у области синтезе и карактеризације злата (III), сребра (I) и бакра (II).

Медаља за трајан и изванредан допринос науци додељена је **др Милошу Ђурану,** као израз признања за допринос развоју неорганске, координационе и бионеорганске хемије, као и за укупни допринос научном развоју, унапређењу универзитетске наставе, школовању научног подмлатка и подизању угледа Друштва.

У 2016. години Друштво је доделило **Захвалнице Фирми "Браћа Мирчић"**, оптика и сатови и **Фирми "KPMG d.o.o."** као знак признања за подршку организацији такмичења "Међународна хемијска олимпијада" у Грузији. Такође, Друштво је доделило **Захвалнице** домаћинима Републичких такмичења из хемије: **ОШ „Милан Илић Чича“ из Аранђеловца** као знак признања за подршку организацији Републичког такмичења из хемије за ученике основних школа; **Природно-математичком факултету Универзитета у Нишу** као знак признања за подршку организацији Републичког такмичења из хемије за ученике средњих школа. Као знак признања за подршку организацији 53. Саветовања СХД, додељена је **Захвалница Природно-математичком факултету Универзитета у Крагујевцу**.

РАД ПРЕДСЕДНИШТВА И УПРАВНОГ ОДБОРА СХД

У току 2016. године одржана су два састанка **Председништва** у ужем саставу и један састанак **Управног одбора** на којима се расправљало о текућим активностима Друштва, разматрани су извештаји о одржаним манифестацијама и организацији предстојећих манифестација, извештавано је о сарадњи Друштва са Европском асоцијацијом за хемију и молекуларне науке (EuCheMS) и другим асоцијацијама хемичара, расправљало се о публикацијама Друштва, финансирању и раду секција и подружница. Пажња је посвећена обележавању 120 година од оснивања Друштва. У плану је да се одржи истовремено са 54. саветовањем СХД и 5. конференцијом младих хемичара, 29. и 30. септембра 2017. године. Тим поводом биће упућени позиви угледним предавачима и гостима из иностранства. Планирано је да се обележавање и прослава дешава делом у згради Ректората, а делом у Српској академији наука и уметности.

ЧЛАНАРИНА И ПРЕТПЛАТА НА ПУБЛИКАЦИЈЕ

Висина чланарина и претплате на публикације за 2016. годину била је следећа:

Чланарине	**РСД**
за запослене	1.800,00
за наставнике основних и средњих школа	1.000,00
за студенте основних студија и пензионере	800,00
за иностранство	50 €
JSCS	
за чланове Друштва	2.500,00
за чланове студенте основних студија и пензионере	1.000,00
за институције	16.000,00
за чланове из иностранства	50 €
за институције из иностранства	150 €
ХП	
за чланове Друштва-у оквиру чланарине	
за школе и остале институције	3.500,00
за институције из иностранства	50 €

РАД ПОДРУЖНИЦА ДРУШТВА

Српско хемијско друштво – Хемијско друштво Војводине је успешно радило кроз своје Подружнице и Секције Друштва. Председник СХД-ХДВ, Даниела Шојић Меркулов, је поднела Извештај о раду у прошлој години. У оквиру организационих активности Друштво је добило значајан број нових чланова, нарочито из редова младих истраживача. Чланови СХД-ХДВ су учествовали на 53. саветовању Српског хемијског друштва, Фестивалу науке који је одржан 07. и 08. маја 2016. године у Новом Саду, на манифестацији Ноћ истраживача која је одржана 30. септембра 2016. године у Новом Саду и манифестацији Baby Exit 21. и 22. маја 2016. године са занимљивим радионицама. У оквиру активности међународне сарадње СХД-ХДВ, др Mariola Brycht гостујући предавач CEEPUSIII network-a „Education of Analytical and Bioanalytical Methods” са Lodz Универзитета, Пољска, 24. јуна 2016. године одржала је предавање под насловом „Voltammetric and corrosion studies of selected pesticides” аутора: Mariola Brycht, Barbara Burnat и Slawomira Skrzypek. На састанку СХД-ХДВ који је одржан 4. октобра 2016. године два предавача са Факултета за хемију и хемијску технологију Универзитета у Љубљани су одржала предавања: а) др Bojan Šarac под називом „Using Calorimetry to Study Surface Active Ionic Liquids” и б) др Črtomir Podlipnik под називом „Ebola Viral Disease: From Pathogenesis to Inhibitor Design”.

На састанку у фебруару 2017. изабран је нови председник СХД-ХДВ, Сања Панић, професор Технолошког факултета у Новом Саду, а за потпредседнике су изабрани др Славко Кеврешан, Пољопривредни факултет, Нови Сад; др Горан Бошковић, Технолошки факултет, Нови Сад и др Даниела Шојић Меркулов, Природно-математички факултет, Нови Сад.

Секретари СХД-ХДВ: Нина Финчур и Кристиан Пастор.

Чланови Извршног одбора: Сања Панић, Славко Кеврешан, Биљана Абрамовић; Горан Бошковић, Даниела Шојић Меркулов, Иван Вранић; Тамара Премовић; Нина Финчур, Кристиан Пастор

Надзорни одбор: Сузана Јовановић-Шанта, Снежана Кравић, Весна Деспотовић, Зорица Стојановић, Немања Банић.

Комисија за награде и одликовања: Биљана Абрамовић, Љиљана Јовановић, Маријана Ачански, Мирјана Антов, Милан Поповић.

Чланови **Подружнице СХД-ХДВ у Суботици** су, као и ранијих година, учествовали у организацији и реализацији Окружног такмичења из хемије на коме су учествовали ученици средњих школа из Сомбора, Бачке Тополе, Оџака, Апатина и Суботице. Поред тога, чланови подружнице су наставили сарадњу са Регионалним Архус центром Суботица ради неговања и заштите животне средине.

Рад **Подружнице СХД-ХДВ у Зрењанину** (Хемијског друштва Зрењанин) одвијао се кроз редовне активности које су делом биле финансиране од стране локалне самоуправе. Чланови Друштва су својим ангажовањем омогућили: а) организовање малих научних радионица у основним школама у граду; б) организовање еколошких радионица; в) подршку еколошким акцијама других удружења; г) сарадњу у организацији такмичења из Хемије за ученике основних и средњих школа; и д) одржавање састанака председништва и скупштине Друштва.

Активности реализоване у оквиру **Подружнице СХД-ХДВ у Врбасу** биле су фокусиране на ученике основних и средњих школа и на наставнике хемијске и технолошке групе предмета у општини Врбас и непосредној близини. Чланови Подружнице су својим ангажовањем, поред редовних састанака, договора и припрема око активности реализовали и: предавања („Хемија и технологија", „СХД, СХД-ХДВ, СХД-ХДВ Подружница Врбас", „Предности органске производње и заштита животне средине", „Биодизел-отпад претворен у гориво"), отворена врата („Да ли знате?", „Занимљива хемија и технологија") и радионице („Зелена хемија и технологија") у чијем осмишљавању, организовању и реализовању су учествовале: Тамара Премовић, Аница Грачанин, Нада Орбовић и Драгана Копривица. У циљу иницирања и учествовања у подизању квалитета педагошке праксе, подстицања и коришћења савремених медија у реализацији наставних садржаја и подизању информатичке културе међу наставницима хемије и технологије, као и промоције и праћења развоја у области хемијских и технолошких дисциплина, у просторијама Подружнице одржани су: радионица („Како у пракси подићи ниво компетенција за наставну област, предмет и методику наставе, за поучавање и учење, за подршку развоја личности ученика и за комуникацију и сарадњу"), округли сто („Хемијско-технолошки дан"), предавања („Савремени облици наставе хемије и технологије", „Испитивање квалитета намирница", „Управљање отпадним водама") и интерни семинар („Мултимедија у настави хемије и технологије"). У иницирању, креирању садржаја, организацији и реализацији ових активности учествовале су Тамара Премовић и Аница Грачанин. Сви постављени циљеви активности Подружнице Врбас у 2016. години су успешно реализовани.

Подружница у Трстенику: Одржана је Зимска школа хемије, као и више састанака на којима су припремани задаци за полугодишње и годишње тестове у складу са захтевима Образовних стандарда, а након тога и састанци на којима су анализирани постигнути резултати ученика. Такође, активно су радили на припреми семинара „Наставна секција из хемије".

Подружница КиМ: чланови ове подружнице се труде колико је могуће да раде на проширењу Подружнице приступом нових чланова, као и ефикаснијој промоцији науке на територији КиМ. Захваљујући успешном представљању приредбе „Између магије и хемије" Центра за промоцију науке Министарства просвете, Српског хемијског друштва и професорима и сарадницима Хемијског факултета у Београду (одржане 2013. године у техничкој школи у Косовској Митровици), значајно је порастао број уписаних студената на Одсеку за хемију ПМФ-а у Косовској Митровици.

РАД СЕКЦИЈА ДРУШТВА И СХД-ХДВ

Секције Друштва и СХД-Хемијског друштва Војводине су кроз свој рад, организовање предавања, трибина, учествовање на различитим скуповима и конгресима на успешан начин омогућиле размену информација међу својим члановима, што је њихова основна улога. Извештај су поднеле следеће секције СХД: наставна секција, електрохемијска секција, секција за аналитичку хемију, секција за животну средину, као и СХД-ХДВ.

Секција за аналитичку хемију СХД-ХДВ имала је следеће активности: а) 25. јануара 2016. године одржан је састанак чланова секције на Технолошком факултету у Новом Саду на коме је изабран секретар Секције за аналитичку хемију, др Сања Армаковић, Природно-математички факултет, Департман за хемију, биохемију и заштиту животне средине. Након тога је др Tomas Kovalczuk, LECO Instrumente Plzen, Чешка Република, одржао интересантно предавање под насловом „GCxGC–TOF MS - Far beyond a routine targeted screening level in environmental and food safety analysis". Састанку је присуствовало 24 слушалаца; б) Чланови Секције су активно учествовали у организацији међународе конференције 23th Young Investigators' Seminar on Analytical Chemistry, YISAC

2016, која је одржана од 28. јуна до 01. јула 2016. године у Новом Саду. Исто тако су на поменутој конференцији презентовали и већи број радова; в) Чланови секције су помогли у организацији предавања др Mariole Brycht, гостујућег предавача CEEPUSIII network-a са Lodz Univerziteta, Пољска, као и др Bojana Šarca и др Črtomir Podlipnika са Факултета за хемију и хемијску технологију Универзитета у Љубљани; г) Учешће чланова Секције са радовима на више домаћих, регионалних и међународних европских научних скупова (11. Међународно саветовање ризик и безбедносни инжењеринг, одржано од 25. до 27. јануара 2016. године на Копаонику Србија; Међународна конференција Waste Waters, Municipal Solid Wastes and Hazardous Wastes, одржана од 13. до 15. априла 2016. године у Вршцу, Србија; XVIII међународна конференција YuCorr 2016, одржана од 12. до 15. априла 2016. године на Тари, Србија; IX међународна конференција Савремени материјали 2016, одржана 04. и 05. септембра 2016. године у Бања Луци, Република Српска, Босна и Херцеговина; Међународна конференција Eighteenth Annual Conference YUCOMAT 2016, одржана од 05. до 10. септембра 2016. године у Херцег Новом, Црна Гора; 22nd International Symposium on Analytical and Environmental Problems, одржан 10. октобра 2016. године у Сегедину, Мађарска); д) Чланови секције су укључени у европски образовни циклус CEEPUSIII за академску 2016/17. годину под насловом „Education of Modern Analytical and Bioanalytical Methods", у којем учествују поред Новог Сада и следећи центри: Pardubice, Segedin, Grac, Krakov, Lodz, Split, Zagreb, Sarajevo, Kluz, Trnava и Nova Gorica. Чланови Секције активно учествују у реализацији овога пројекта; и ђ) Чланови секције су укључени у билатералну сарадњу Србија – Словенија током 2016. и 2017. године. Истраживачи са Природно-математичког факултета Универзитета у Новом Саду и Laboratorije za raziskave v okolju Univerziteta u Novoj Gorici, су ангажовани на пројекту „Нови екстракциони поступци у методама за одређивање тоталног антиоксидативног капацитета као и токсичних супстанци у воћу и храни биљног порекла".

Секција за биохемију СХД-ХДВ имала је у току 2016. године следеће активности: а) на састанку Секције одржаном 26. јануара 2016. године, на којем је присутвовало укупно 22 члана СХД-ХДВ и Друштва за биохемију и молекуларну биологију Војводине, као и студената и професора Природно-математичког факултета, др Сања Гоч из Института за примену нуклеарне енергије - ИНЕП одржала је предавање „Карактеризација молекулских врста специфичног антигена простате човека применом имуноафинитетне хроматографије на чипу". На истом састанку др Горан Миљуш из исте институције одржао је предавање „Изоловање, карактеризација и улога комплекса трансферина са везујућим протеином 3 за факторе раста сличне инсулину". Након завршених предавања и дискусије, предочен је проблем препознавања занимања Дипломирани биохемичар и представљене су активности чланова Секције у формирању Уније ПМ факултета, које би заступале ставове свих ПМ факултета у Србији, у оквиру чега би било и промовисање занимања која се школују на ПМФ; б) Чланови Секције су 24. фебруара 2016. године посетили Институт за примену нуклеарне енергије – ИНЕП. Том приликом су два члана Секције одржала предавања: др Ивана Беара „Инхибиција метаболизма арахидонске киселине: од идеје до рутинског експеримента" и др Марина Францишковић „Ефекат екстраката одабраних врста фамилије *Urticaceae* на имуни одговор интестиналних епителних ћелија". Узајамне посете су довеле до договора о сарадњи истраживача запослених на ПМФ у Новом Саду и у Институту за примену нуклеарне енергије – ИНЕП у Земуну, а након извесног времена је и званично потписан Уговор о сарадњи између званичних представника ове две институције; в) Предавање „*N*-гликом мембранских протеина и рецептора за инсулин и факторе раста сличне инсулину, изолованих из хумане плаценте у различитим (пато)физиолошким стањима" предавача др Драгане Робајац из Института за примену нуклеарне енергије - ИНЕП, је одржано је 03. јуна. 2016. године. Предавању је присуствовало укупно 22 члана СХД-ХДВ, Друштва за биохемију и молекуларну биологију Војводине, студената и професора ПМФ; г) др Светлана Јовановић Вучетић из Института за нуклеарне науке Винча одржала је 15. јула. 2016. године предавање под називом „Угљенични наноматеријали - примена гама зрачења у њиховој структурној модификацији"; д) Предавање „Припрема водених колоида графена стабилизованог графенским квантним тачкама" предавача др Дејана Кепића из Института за нуклеарне науке Винча, је одржано 10. новембра 2016. године. Поред тога, чланови Секције за биохемију су током 2016. године учествовали на неколико међународних и националних научних скупова, између осталог на 2nd International Congress of Chemists and Chemical Engineers of Bosnia and Hercegovina у Сарајеву, 43rd Annual Conference of Yeast u Smolenicama (Словачка), VI конференцији Биохемијског друштва Србије, као и на Свечаној скупштини Српског хемијског друштва у Београду.

Секција за керамику. У оквиру Секције одржана су два предавања, Надежде Станковић из Института за нуклеарне науке Винча и Бранимира Бајеца са Технолошког факултета Универзитета у Новом Саду. Такође, чланови секције учествују у припреми 4. међународне конференције коју организује Друштво за керамичке материјале Србије, а која је планирана за јун 2017. године.

Електрохемијска секција. Одржана су 3 предавања, др Тадеј Косец, др Нина Гартнет и др Михаил Бучак. Такође, чланови секције су учествовали на три конференције: 53. саветовању Српског хемијског друштва; XVIII Конференцији о корозији и заштити материјала која је одржана на Тари; међународној конференцији ISE 2016, одржаној у Хагу. Изабрани су чланови научног одбора за 6. Ре-

гионални симпозијум о електрохемији југоисточне Европе.

Секција за хемију животне средине. Одржано је завршно предавање о достигнућима и закључцима TEMPUS пројекта NETREL (Network for education and training for public environmental laboratories). Чланови секције су ангажовани у организацији традиционалног децембарског EMES скупа планираног за 2019. годину и 8. Симпозијума „Хемија и заштита животне средине" за 2017. Организована су и предавања из области хемије животне средине.

Секција за хемију и технологију макромолекула. Одржан је годишњи састанак на коме је именован председник и секретар Секције за наредни период од две године: председник Секције за хемију и технологију макромолекула: др Бранко Дуњић, виши научни сарадник, ТМФ, Београд; Секретар: др Марија Николић, ванредни професор, ТМФ, Београд**.** Чланови секције су учествовали на 53. саветовању СХД у Крагујевцу са 7 саопштења, од тога 1 усмено и 6 постерских саопштења. Постерско саопштење аутора Лазара Станојковића, Марије Лучић Шкорић и Мелине Калагасидис Крушић, сви са Технолошко-металуршког факултета, Универзитета у Београду, награђено је као најбоље постерско саопштење. Чланови Секције су активно учествовали на 4. конференцији младих хемичара са 1 пленарним, 2 предавања по позиву, 1 усменим и 1 постерским саопштењем. Најбоље усмено саопштење, диплома и шоља са логоом конференције, коју су обезбедили Српско хемијско друштво и Клуб младих хемичара, добио је рад „Микросфере на бази триблок кополимера PCL/PEO/PCL за контролисано отпуштање ибупрофена", аутора Маријана Пољавић, Марија Николић и Јасна Ђонлагић, сви са Технолошко-металуршког факултета, Универзитета у Београду. До краја године су одржана још два предавања др Весне Панић, ИЦ-ТМФ и др Марије Радоичић, Институт за нуклеарне науке „Винча".

Аналитичка секција. Организована су три предавања, чланови секције су учествовали на 53. Саветовању СХД-а као председавајући Аналитичком секцијом и чланови жирија за доделу IUPAC-постерских награда. Такође, учествовали су на састанку Председништва Аналитичке секције EuCheMS-а у Севиљи, септембра 2016, на годишњем састанку DAC-EuCheMS-а у Стокхолму у априлу 2016. У 2017. години, као председник секције остаје и даље др Славица Ражић, а као секретар др Татјана Вербић.

Наставна секција СХД. Чланови секције су одржали 9 састанака. Дискутовало се о припремама и резултатима завршног испита у основним школама, о организацији и реализацији такмичења за ученике основних и средњих школа, као и о популаризацији хемије међу ученицима. У јуну месецу додељене су дипломе са Градског такмичења из хемије. Такође, одржана је јавна расправа о мишљењу наставника хемије у циљу оцене нацрта докумената насталих пројектом „Развионица". Наставницима је представљен и семинар стручног усавршавања „Наставна секција из хемије", аутора др Драгице Тривић.

Током 2016. године **JOURNAL OF THE SERBIAN CHEMICAL SOCIETY** су уређивали главни и одговорни уредник Бранислав Николић и заменик уредника Душан Сладић. Часопис је редовно излазио и издато је 12 свезака са 120 радова, 500 аутора, на 1490 страна. Сви прихваћени радови (са DOI бројевима) постављени су на Home Page часописа у форми у којој су прихваћени (пре потпуне обраде за штампање). Ранг на листи часописа индексираних на SCI листи у области мултидисциплинарне хемије, у 2016. години, је 120/163; 2015. године био је 114/157 (практично исти), импакт фактор 0,970. Петогодишњи импакт фактор у 2016. години (према укупном броју цитата током 5 година) је 0,997; ранг је 112/163; 2015. године петогодишњи ИФ био је 1,009, ранг 105/157. Садашњи ИФ је нижи за око 1,0 %, а ранг је виши за око 2,7 %.

Одштампано	**2015.**	**2016.**	
		број	**% према 2016**
Свезака	12	12	100
Радова	130	120	92
Страна	1598	1490	93
Аутора	502	500	100
Иностраних аутора	263*	231**	88
Пристигли радови	271	86	31
Штампано	29	46**	16
Прихваћено за штампу	74	73	26
Одбијено	136	121	43

*Иностранi аутори: око 52 % од укупног броја аутора;
**Иностранi аутори: око 46 % од укупног броја аутора.

У оквиру 57. годишта (које је издавано током 2016. године) **Редакција ХЕМИЈСКОГ ПРЕГЛЕДА** је задржала досадашњу уредничку праксу публиковања прегледних и информативно-стручних радова. Извештај ове године обухвата само ПЕТ од шест предвиђених појединачних бројева на укупно 140 страница. При томе је сваки број Хемијског прегледа излазио на предвиђених 28 страница. Публиковано је 15 ауторских чланака домаћих аутора из разних области хемије, а објављена су и 3 чланка везана за наставу хемије од којих се један бави методама наставе хемије за рад са даровитим ученицима, други чланак је приказ виђења осмака, најбољих у хемији 2014/2015. године, и виђења њихових наставника, а трећи је истраживање и наставна пракса који се бави проверавањем ученичких постигнућа у настави хемије. У оквиру 57. годишта, у рубрици Прича са корица, која се појављује у првом

броју годишта, објављен је кратак текст о једном од утемељивача савремене хемије у Србији Вукића Мићовића, а поводом 35 година од његове смрти. Објављен је извештај о одржаној Трећој српској хемијској олимпијади (СХО 2016) за ученике средњих школа, извештај о одржаном стручном скупу „Априлски дани за наставнике хемије" и извештај о одржаној манифестацији „Тамо где наука почиње 2". У 2. броју 57. годишта (на стр. 49.) дат је потпуни Извештај о раду СХД у 2015. Години који је на Годишњој скупштини СХД-а (одржаној 27. 03. 2015. године) поднела секретарка Друштва Рада Баошић. У 3. броју 57. годишта (на стр. 83.) дат је извештај са Свечане скупштине СХД која је одржана 3. децембра 2015.године у Свечаној сали Српске академије наука и уметности у Београду. У броју 4. 57. годишта (на стр. 108.) дат је извештај о раду 53. Саветовања Српског хемијског друштва одржаног 10. и 11. јуна 2016. године на Природно-математичком факултету у Крагујевцу. Објављен је и *In memoriam* поводом смрти Џон Х. Бајнона (John H. Beynon, f.r.s), Милана Ускоковића и Светолика Илића. У броју 1. 57. годишта (на стр. 26.) објављено је саопштење за штампу: хемичари против хемијског оружја Јукемс (Euchems) поводом 100 година хемијских оружја – сећање и одговорна наука.

Свеукупни преглед садржаја 57. годишта није одштампан, јер број 6. није до сада изашао, а по традицији, на корицама овог броја је објављиван садржај укупног годишта. Часопис се редовно шаље у репозиторијум Народне библиотеке Србије, а електронске верзије сваког броја (у ПДФ формату) могу се добити са њиховог сајта.

БИБЛИОТЕКА СХД

Библиотека СХД има 24.752 свезака часописа, 1877 инвентарисаних часописа чија је вредност 3.404.520,00 РСД и 785 инвентарисаних књига у вредности од 49.962,00 РСД. Од тога је у 2016. години приновљено часописа у вредности од 219.400,00 РСД и инвентарисано 7 наслова. Ниједна књига није добијена у 2016. години. Приновљени часописи по земљама су: из Хрватске (2), Индије (1), Јапана (2), Македоније (1), Мађарске (1), Пољске (1), Републике Српске (1), САД-а (1) и Словеније (1). Укупно 16 наслова (11 страних и 5 домаћих).

ПРЕГЛЕД ПРИХОДА И РАСХОДА У 2016. години

ПРИХОДИ	**2016**
Приходи од претплата на JSCS и ХП	299,000.00
Приходи од котизација	892,453.83
Приходи од чланарина	1,402,549.99
Приходи од донаторства	1,604,161.70
Приходи од услуга на тржишту	0.00
Приходи од факултета и института за суфинансирање часописа	1,781,000.00
Приходи од Министарства просвете, науке и технолошког развоја	1,309,717.00
Приходи од Министарства просвете, науке и технолошког развоја - такмичење	1,010,000.00
Приходи од условљених донација - Центар за промоцију науке	0.00
Приходи од камата	29,464.78
Позитивне курсне разлике	36,865.93
Нераспоређена добит ранијег периода	1,209,340.03
Укупни приходи	**9,574,553.26**
РАСХОДИ	
Трошкови материјала	119,893.21
Трошкови резервних делова	0.00
Бруто зараде	1,649,243.00
Доприноси на зараде на терет послодавца	295,214.54
Трошкови превоза запослених на рад и са рада	36,025.00
Трошкови поштарине	410,155.00
Трошкови телефона	90,660.97
Такси и други трошкови превоза	11,870.00

Трошкови закупа	6,000.00
Бруто ауторски хонорари	2,483,598.76
Трошкови штампања часописа	1,495,961.00
Трошкови штампања диплома за Републичко такмичење	9,000.00
Трошкови штампања постера, захвалница	46,570.00
Амортизација за текућу годину	98,745.78
Трошкови књиговодствених услуга	168,000.00
Рад преко омладинских задруга	382,800.00
Трошкови репрезентације	357,103.22
Награде најбољим студентима	105,000.00
Награде за Републичко такмичење	38,180.00
Таксе	39,650.00
Банкарске услуге	39,923.48
Чланарине	232,422.64
Трошкови огласа	0.00
Остали непоменути расходи (копирање, коричење, снимање год. скупштине и сл.)	90,165.85
Трошкови одржавања опреме	16,652.00
Трошкови службених путовања у земљи	758,765.22
Трошкови службених путовања у иностранство	559,463.00
Премија осигурања	8,064.00
Котизације	14,867.23
Расходи камата	551.82
Негативне курсне разлике	7.54
Отпис потраживања	10,000.00
Порез на примљене донације	0.00
Укупно	**9,574,553.26**
Остварена добит	**0.00**

секретар Друштва
Мелина КАЛАГАСИДИС КРУШИЋ