

## ПРИРОДНО-МАТЕМАТИЧКИ ФАКУЛТЕТ

## ИЗВЕШТАЈ О ОЦЕНИ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ НИНЕ ФИНЧУР

<b>I ПОДАЦИ О КОМИСИЈИ</b>
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Датум и орган који је именовao комисију Дана 26. 02. 2018. године на XL седници Наставно-научног већа Природно-математичког факултета у Новом Саду именована је Комисија за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата Нине Финчур под насловом: "Фотолитичка и фотокаталитичка разградња одабраних психоактивних компонената лекова у воденој средини".</li> <li>2. Састав комисије са знаком имена и презимена сваког члана, звања, назива уже научне области за коју је изабран у звање, датума избора у звање и назив факултета, установе у којој је члан комисије запослен: <ol style="list-style-type: none"> <li>1. <b>Др Љиљана Јовановић</b>, редовни професор; уже научне области: Физичка хемија и Аналитичка хемија; изабрана у звање: 16. 10. 1997. године; Природно-математички факултет, Нови Сад, председник</li> <li>2. <b>Др Биљана Абрамовић</b>, редовни професор; уже научна област: Аналитичка хемија; изабрана у звање: 06. 03. 1995. године; Природно-математички факултет, Нови Сад, ментор</li> <li>3. <b>Др Даниела Шојић Меркулов</b>, ванредни професор; уже научна област: Аналитичка хемија; изабрана у звање: 01. 03. 2016. године; Природно-математички факултет, Нови Сад, члан</li> <li>4. <b>Др Маја Шћепановић</b>, научни саветник, уже научна област: Физика; изабрана у звање: 19. 05. 2010. године; Центар за физику чврстог стања и нове материјале, Институт за физику, Београд, члан</li> <li>5. <b>Др Тамара Иветић</b>, виши научни сарадник, уже научна област: Експериментална физика кондензоване материје; изабрана у звање: 28. 01. 2015. године; Природно-математички факултет, Нови Сад, члан</li> </ol> </li> </ol>
<b>II ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ</b>
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Име, име једног родитеља, презиме: Нина, Ладислав, Финчур</li> <li>2. Датум рођења, општина, држава: 04. 01. 1988. Нови Сад, Србија</li> <li>3. Назив факултета, назив студијског програма дипломских академских студија – мастер и стечени стручни назив Универзитет у Новом Саду, Природно-математички факултет, Департман за хемију, биохемију и заштиту животне средине, Мастер академске студије другог степена, студијски програм: хемија, мастер хемичар</li> <li>4. Година уписа на докторске студије и назив студијског програма докторских студија 2011. година, Докторске академске студије хемије</li> <li>5. Назив факултета, назив магистарске тезе, научна област и датум одбране: –</li> <li>6. Научна област из које је стечено академско звање магистра наука: –</li> </ol>
<b>III НАСЛОВ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:</b>
"Фотолитичка и фотокаталитичка разградња одабраних психоактивних компонената лекова у воденој средини"

#### **IV ПРЕГЛЕД ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:**

Докторска дисертација Нине Финчур написана је на 225 страна, садржи 140 слика, 32 табеле и 305 литературних навода. Састоји се од следећих поглавља: Увод (3 стране), Теоријски део (65 страна), Експериментални део (30 страна), Резултати и дискусија (98 страна), Закључак (4 стране), Литература (11 страна), Листа скраћеница (2 стране), Кратка биографија кандидата, Списак радова и саопштења, као и неопходна Кључна документација на српском и енглеском језику.

#### **V ВРЕДНОВАЊЕ ПОЈЕДИНИХ ДЕЛОВА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:**

У **Уводу** докторске дисертације указано је на потенцијалну биоактивност лекова у животној средини, као и на последицу употребе велике количине лекова широм света. Такође, истиче се важност примене виших процеса оксидације у уклањању активних компонената лекова, међу којима фоторазградња заузима централно место. У овом поглављу је и дефинисан предмет изучавања докторске дисертације, а то је испитивање ефикасности фотолитичке и фотокаталитичке разградње активних компонената психоактивних лекова (алпразолам и амитриптилин-хидрохлорид) применом различитих извора зрачења и великог броја различитих нанопрахова.

У **Теоријском делу** докторске дисертације описано је налажење и механизам трансформације активних компонената лекова, као и примена хетерогених фотокаталитичких реакција у разградњи поменутих једињења. Поред тога, описан је механизам и кинетика хетерогених фотокаталитичких реакција. Посебни одељци су посвећени улози наночестица у фотокаталитичким процесима, фотокаталитичким својствима и примени  $TiO_2$  и  $ZnO$  у разградњи активних компонената лекова, као и методама за побољшање њихове фотокаталитичке ефикасности. Исто тако, један одељак је посвећен примени фотокатализатора на носачу (превлаке) у процесима фотокаталитичке разградње. На крају Теоријског дела докторске дисертације описане су особине проучаваних психоактивних компонената лекова. Литературни преглед је актуелан, опсежан, али у исто време је у потпуности фокусиран на проблем истраживања.

У **Експерименталном делу** су наведене примењене хемикалије, раствори, фотокатализатори, затим је описан и сам процес фоторазградње активних компонената одабраних психоактивних лекова, као и коришћене аналитичке методе. За проучавање кинетике и механизма разградње активних компонената одабраних психоактивних лекова коришћене су: ултрабрза течна хроматографија са детектором са низом диода, спектрофотометрија, јонска хроматографија и течна хроматографија са масеним детектором. Ради стицања потпунијег увида у степен минерализације одабрана је метода одређивања укупног органског угљеника. Морфологија фотокатализатора је одређена применом скенирајућег електронског микроскопа са детектором на бази енергетске дисперзије. Процена токсичности активних компонената одабраних психоактивних лекова и интермеђера насталих током фоторазградње је рађена методом одређивања цитотоксичног ефекта на раст ћелијских линија сисара: хепатом пацова (Н-4-П-Е), хумани аденокарцином дебелог црева (НТ-29), хумана фетална плућа (MRC-5) и неуробластом миша (Neuro-2a).

У поглављу **Резултати и дискусија** прво су описани резултати фоторазградње алпразолама. Испитани су оптимални услови рада при праћењу кинетике фоторазградње алпразолама применом течне хроматографије. Након тога су приказани резултати директне и индиректне фотолизе алпразолама применом UV и симулираног сунчевог зрачења. Затим је испитана ефикасност  $TiO_2$  Degussa P25 и  $ZnO$  у фотокаталитичкој разградњи алпразолама при различитим експерименталним условима, одређен је степен минерализације, идентификовани су интермеђери фотокаталитичке разградње алпразолама, испитана је могућност поновног коришћења  $ZnO$ , као и процена токсичности алпразолама и интермеђера насталих током процеса разградње. У раду је даље испитана ефикасност низа синтетисаних фотокатализатора:  $ZnO$  нанопрахова модификованих млевењем и калцинацијом,  $ZnO$  нанопрахова допираних Mg(II)-јонима, тернарних и мешаних бинарних цинк-калај-оксидних нанопрахова, анатас  $TiO_2$  нанопрахова недопираних и допираних La(III)-јонима, као и брукитних  $TiO_2$  нанопрахова. У оквиру фоторазградње амитриптилин-хидрохлорида прво су описани оптимални услови рада при праћењу кинетике фоторазградње применом течне

хроматографије. Затим је испитана ефикасност директне и индиректне фотолизе амитриптилин-хидрохлорида применом UV и симулираног сунчевог зрачења. Након тога, проучаван је утицај различитих фактора на ефикасност фотокаталитичке разградње применом ZnO као фотокатализатора, одређен је степен минерализације, као и процена токсичности амитриптилин-хидрохлорида и интермедијера насталих током процеса разградње. Затим је фотокаталитичка разградња амитриптилин-хидрохлорида испитана у присуству TiO<sub>2</sub>/полианилин нанокомпозитних прахова, као и превлака од чистог TiO<sub>2</sub> и WO<sub>3</sub>/TiO<sub>2</sub>. На крају је проучаван утицај структуре супстрата на ефикасност фотокаталитичке разградње, кроз испитивање ефикасности TiO<sub>2</sub> нанопрахова допираних W(VI)-јонима, мешаних бинарних цинк-калај-оксидних нанопрахова, као и индијум-цинк-оксидних нанопрахова. Резултати су прегледно и јасно приказани и критички продискутовани у складу са досадашњим научним сазнањима.

У **Закључку** су јасно и прегледно сумирани резултати ове докторске дисертације.

У **Литератури** су наведени радови са актуелним методолошким приступима и принципима одређивања везаним за ову област.

#### **VI СПИСАК НАУЧНИХ И СТРУЧНИХ РАДОВА КОЈИ СУ ОБЈАВЉЕНИ ИЛИ ПРИХВАЋЕНИ ЗА ОБЈАВЉИВАЊЕ НА ОСНОВУ РЕЗУЛТАТА ИСТРАЖИВАЊА У ОКВИРУ РАДА НА ДОКТОРСКОЈ ДИСЕРТАЦИЈИ**

1. D.V. Šojić Merkulov, V.N. Despotović, N.D. Banić, S.J. Armaković, **N.L. Finčur**, M.J. Lazarević, D.D. Četojević-Simin, D.Z. Orčić, M.B. Radoičić, Z.V. Šaponjić, M.I. Čomor, B.F. Abramović, Photocatalytic decomposition of selected biologically active compounds in environmental waters using TiO<sub>2</sub>/polyaniline nanocomposites: Kinetics, toxicity and intermediates assessment, *Environmental Pollution*, doi.org/10.1016/j.envpol.2018.04.039. **M21a**, IF 5,099 (Кандидат је испитивао фотокаталитичку ефикасност TiO<sub>2</sub>/полианилин нанокомпозиата у разградњи амитриптилина)
2. **N.L. Finčur**, J.B. Krstić, F.S. Šibul, D.V. Šojić, V.N. Despotović, N.D. Banić, J.R. Agbaba, B.F. Abramović, Removal of alprazolam from aqueous solutions by heterogeneous photocatalysis: Influencing factors, intermediates, and products, *Chemical Engineering Journal*, 307C (2017) 1105–1115. **M21a**, IF 6,216
3. T.B. Ivetić, **N.L. Finčur**, B.F. Abramović, M.R. Dimitrievska, G.R. Štrbac, K.O. Čajko, B.B. Miljević, Lj.R. Đačanin, S.R. Lukić-Petrović, Environmentally friendly photoactive heterojunction zinc tin oxide nanoparticles, *Ceramics International*, 42 (2016) 3575–3583. **M21a**, IF 2,986
4. N. Tomić, M. Grujić-Brojčin, **N. Finčur**, B. Abramović, B. Simović, J. Krstić, B. Matović, M. Šćepanović, Photocatalytic degradation of alprazolam in water suspension of brookite type TiO<sub>2</sub> nanopowders prepared using hydrothermal route, *Materials Chemistry and Physics*, 163 (2015) 518–528. **M21**, IF 2,259 (Кандидат је испитивао фотокаталитичку ефикасност брукитних TiO<sub>2</sub> нанопрахова у разградњи алпразолама и анализирао морфологију нанопрахова SEM/EDS методом)
5. T. Ivetić, **N. Finčur**, Lj. Đačanin, B. Abramović, S. Lukić-Petrović, Ternary and coupled binary zinc tin oxide nanopowders: Synthesis, characterization, and potential application in photocatalytic processes, *Materials Research Bulletin*, 62 (2015) 114–121. **M21**, IF 2,435
6. A. Golubović, N. Tomić, **N. Finčur**, B. Abramović, I. Veljković, J. Zdravković, M. Grujić-Brojčin, B. Babić, B. Stojadinović, M. Šćepanović, Synthesis of pure and La-doped anatase nanopowders by sol-gel and hydrothermal methods and their efficiency in photocatalytic degradation of alprazolam, *Ceramics International*, 40 (2014) 13409–13418. **M21**, IF 2,605
7. T.B. Ivetić, M.R. Dimitrievska, **N.L. Finčur**, Lj.R. Đačanin, I.O. Gúth, B.F. Abramović, S.R. Lukić-Petrović, Effect of annealing temperature on structural and optical properties of Mg-doped ZnO nanoparticles and their photocatalytic efficiency in alprazolam degradation, *Ceramics International*, 40 (2014) 1545–1552. **M21**, IF 2,605
8. T. Ivetić, **N. Finčur**, B. Miljević, Lj. Đačanin Far, S. Lukić-Petrović, B. Abramović, Indium-zinc-oxide nanocrystallites: preparation, properties and visible-light-generated photocatalytic efficiency in degradation of psychoactive drugs from water systems, *Romanian Journal of Physics*, 63 (2018) No 608, str. 1-16. **M22**, IF 1,758
9. T. Ivetić, **N. Finčur**, B. Abramović, Lj. Đačanin Far, S. Lukić-Petrović, Activity evolution of nanocrystalline zinc-indium-oxide powder, 23<sup>rd</sup> *International Symposium on Analytical and*

- Environmental Problems*, Segedin, Mađarska, (2017), str. 338–341. **M33**
10. T. Ivetić, **N. Finčur**, B. Abramović, G. Štrbac, S. Lukić-Petrović, The possibility of applying mixed nanocrystal oxide photocatalysts for removal of pharmaceutically active compounds, potential wastewater contaminants of the Danube river basin in Vojvodina, *11. Međunarodno savetovanje rizik i bezbednosni inženjering*, Kopaonik, Srbija, (2016), str. 39–44. **M33**
  11. **N. Finčur**, T. Ivetić, S. Lukić-Petrović, D. Šojić, V. Despotović, B. Abramović, Photocatalytic activity of ZnO and ZnO/SnO<sub>2</sub> nanopowders in the photodegradation of alprazolam, *International conference Waste Waters, Municipal Solid Wastes and Hazardous Wastes*, Budva, Crna Gora, (2015), str. 152–156. **M33**
  12. **N. Finčur**, M. Šćepanović, M. Grujić-Brojčin, A. Golubović, B. Abramović, Effect of W-doped TiO<sub>2</sub> nanopowders on photocatalytic degradation of selected psychoactive drugs, *Nineteenth Annual Conference YUCOMAT 2017*, Herceg Novi, Crna Gora, (2017), str. 86. **M34**
  13. M. Uzelac, **N. Finčur**, M. Šćepanović, B. Abramović, The kinetics of photocatalytic degradation of amitriptyline and alprazolam using TiO<sub>2</sub> nanopowders doped with tungsten, *23<sup>th</sup> Young Investigators' Seminar on Analytical Chemistry*, Novi Sad, Srbija, (2016), str. 52. **M34**
  14. **N.L. Finčur**, D.V. Šojić, V.N. Despotović, B.F. Abramović, Effect of electron acceptors on the kinetics of alprazolam photodegradation under simulated solar irradiation, *Thirteenth Young Researchers Conference – Materials Science and Engineering*, Beograd, Srbija, (2014), str. 36. **M34**
  15. T. Ivetić, **N. Finčur**, Lj. Đačanin, B. Abramović, S. Lukić-Petrović, Effect of annealing temperature on photocatalytic efficiency of In<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-modified ZnO nanocrystallites in degradation of alprazolam, *22<sup>nd</sup> International Conference of Materials and Technology*, Portorož, Slovenija, (2014), str. 99. **M34**
  16. S.R. Lukić-Petrović, D.M. Petrović, **N.L. Finčur**, Lj.R. Đačanin, B.F. Abramović, T.B. Ivetić, Enhanced photocatalytic activity of coupled ZnO/SnO<sub>2</sub> vs. Zn<sub>2</sub>SnO<sub>4</sub> nanocrystalline powders in degradation of alprazolam, *IEEE Nanotechnology Materials and Devices Conference*, Sicilija, Italija, (2014), izvod D2. **M34**
  17. T.B. Ivetić, **N.L. Finčur**, Lj.R. Đačanin, B.F. Abramović, S.R. Lukić-Petrović, Photocatalytic activity of coupled binary and ternary zinc tin oxide nanocrystalline powders prepared via mechanochemical method, *Challenges in Inorganic and Materials Chemistry*, Dablin, Irska, (2014), str. 37. **M34**
  18. **N. Finčur**, D. Šojić, V. Despotović, T. Ivetić, S. Lukić-Petrović, B. Abramović, Effect of Mg-doped ZnO Nanoparticles on Photocatalytic Degradation of Alprazolam, *8<sup>th</sup> European Meeting on Solar Chemistry and Photocatalysis: Environmental Applications – SPEA8*, Solun, Grčka, (2014), str. 79. **M34**
  19. **N.L. Finčur**, B.F. Abramović, Photocatalytic degradation of alprazolam using ZnO, *8<sup>th</sup> International Conference of the Chemical Societies of the South-East European Countries*, Beograd, Srbija, (2013), str. 74. **M34**
  20. N. Tomić, **N. Finčur**, I. Veljković, M. Šćepanović, A. Golubović, B. Abramović, The efficiency of pure and La-doped anatase nanopowders synthesized by sol-gel and hydrothermal method in photocatalytic degradation of alprazolam, *2<sup>nd</sup> Conference of The Serbian Ceramic Society*, Beograd, Srbija, (2013), str. 71. **M34**
  21. **N. Finčur**, B. Abramović, Heterogena fotokatalitička razgradnja alprazolama, *6. Simpozijum Hemija i zaštita životne sredine*, Vršac, Srbija, (2013), str. 224–225. **M34**
  22. **N. Finčur**, D. Šojić, N. Banić, V. Despotović, M. Lazarević, B. Abramović, Kinetika fotokatalitičke razgradnje amitriptilina primenom različitih nanoprahova, *Konferencija Otpadne vode, komunalni čvrsti otpad i opasan otpad*, Vršac, Srbija, (2016), str. 126–130. **M63**
  23. **N.L. Finčur**, N.Z. Tomić, M.U. Grujić-Brojčin, M.J. Šćepanović, B.F. Abramović, Efikasnost brukitnih TiO<sub>2</sub> nanoprahova u fotokatalitičkoj razgradnji alprazolama primenom UVA zračenja, *52. Savetovanje Srpskog hemijskog društva*, Novi Sad, Srbija, (2015), str. 80. **M64**
  24. D.V. Šojić, **N.L. Finčur**, D. Četojević-Simin, B.F. Abramović, Fotokatalitička efikasnost TiO<sub>2</sub>/polianilin nanokompozita u razgradnji amitriptilina, *Osmi naučno-stručni skup InterRegioSci 2015*, Novi Sad, Srbija, (2015), str. 91. **M64**

## VII ЗАКЉУЧЦИ ОДНОСНО РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА

С обзиром на то да употребом активних компонената психоактивних лекова можемо директно или индиректно утицати на загађење површинских и подземних вода, као и воде за пиће, у оквиру ове докторске дисертације је испитана могућност њихове фотолитичке и фотокаталитичке разградње у воденој средини применом различитих виших процеса оксидације.

Установљено је да су водени раствори алпрозолама и амитриптилин-хидрохлорида стабилни у мраку у временском периоду дужем од 500, односно 850 дана, што указује на неопходност проналажења ефикасне методе за њихово уклањање из животне средине. Фоторазградња алпрозолама и амитриптилин-хидрохлорида испитана је применом процеса директне и индиректне фотолизе под дејством UV, видљивог и симулираног сунчевог зрачења. Ефикасност фоторазградње алпрозолама се повећала применом индиректне фотолизе само под дејством UV зрачења, док је у случају амитриптилин-хидрохлорида ефикасност зависила како од примењеног зрачења, тако и од тога да ли су у систем додати  $KBrO_3$ ,  $H_2O_2$  или  $(NH_4)_2S_2O_8$ .

Ефикасност фотокаталитичке разградње алпрозолама и амитриптилин-хидрохлорида испитана је применом комерцијално доступних фотокатализатора ( $ZnO$ ,  $TiO_2$  Degussa P25 и  $TiO_2$  Hombikat), као и новосинтетисаних нанопрахова на бази  $ZnO$  и  $TiO_2$ . Најефикаснији у уклањању оба испитивана супстрата показао се систем UV/ $ZnO$ , при чему је постигнуто њихово потпуно уклањање након 20 мин озрачивања.

Брзина фотокаталитичке разградње алпрозолама расте са порастом масене концентрације  $ZnO$  у интервалу од 0–5,0  $mg/cm^3$ , док је у случају  $TiO_2$  Degussa P25 оптимална масена концентрација 2,0  $mg/cm^3$ . Затим, pH 7 је оптимално pH применом  $ZnO$ , док у случају  $TiO_2$  Degussa P25, брзина разградње алпрозолама расте са порастом pH, при чему то повећање није било изражено у толикој мери као у случају  $ZnO$ . На основу утицаја различитих хватача радикала и шупљина на ефикасност фотокаталитичке разградње алпрозолама, закључено је да се фотокаталитички процес у присуству  $ZnO$  одвија углавном преко реакције са хидроксилним радикалима, док се у присуству  $TiO_2$  Degussa P25 делимично одвија и путем реакције са фотогенерисаним шупљинама. При испитивању утицаја електрон-акцептора на ефикасност фотокаталитичке разградње алпрозолама нађено је да се применом UV зрачења систем са  $KBrO_3$  показао као најефикаснији применом оба фотокатализатора. Поред тога, резултати одређивања укупног органског угљеника и јонске хроматографије показали су да до потпуне минерализације алпрозолама долази након 60 мин озрачивања применом и  $ZnO$  и  $TiO_2$  Degussa P25. Такође, детаљно су испитани реакциони интермедијери, при чему је нађено да су основни интермедијери хидроксилни деривати алпрозолама. Поред тога, испитана је могућност поновног коришћења  $ZnO$  у три узастопна процеса фоторазградње при чему је нађена висока стабилност  $ZnO$ . У циљу праћења цитотоксичности алпрозолама, као и интермедијера насталих у току процеса фотокаталитичке разградње применом  $ZnO$  и  $TiO_2$  Degussa P25, испитан је *in vitro* раст две ћелијске линије сисара: Neuro-2a и MRC-5.

Надаље, испитан је степен адсорпције амитриптилин-хидрохлорида на комерцијалним фотокатализаторима, при чему је проценат адсорпције зависио од врсте примењеног фотокатализатора. Затим је одређена оптимална масена концентрација  $ZnO$  која износи 1,0  $mg/cm^3$ , а при испитивању утицаја почетне концентрације амитриптилин-хидрохлорида закључено је да са порастом почетне концентрације амитриптилин-хидрохлорида брзина процеса разградње расте. У присуству  $O_2$  као најефикаснији електрон-акцептор се показао  $KBrO_3$ . Установљено је да се фоторазградња амитриптилин-хидрохлорида углавном одвија преко хидроксилних радикала који се налазе слободни у раствору, док шупљине валентне зоне имају секундарну улогу у процесу разградње. На основу мерења укупног органског угљеника и јонске хроматографије, нађено је да се минерализација и настанак јона одиграва знатно спорије у односу на кинетику нестајања амитриптилин-хидрохлорида применом  $ZnO$ . Затим, у циљу процене цитотоксичности амитриптилин-хидрохлорида, као и интермедијера насталих у току процеса фотокаталитичке разградње применом  $ZnO$  као фотокатализатора, испитан је *in vitro* раст четири ћелијске линије сисара: H-4-II-E, Neuro-2a, HT-29 и MRC-5 и као најосетљивија показала се ћелијска линија H-4-II-E.

Проучавана је ефикасност новосинтетисаних  $ZnO$  нанопрахова у фоторазградњи алпрозолама и

результати указују да је ефикасност разградње свих новосинтетисаних ZnO нанопрахова мања у односу на резултате добијене применом комерцијалног ZnO. У случају ZnO нанопрахова модификованих млевењем и калцинацијом, ефикасност фоторазградње алпразолама се повећала у односу на процес директне фотолизе применом UV зрачења, што указује на позитиван утицај овако модификованих ZnO нанопрахова, али не и у односу на ефикасност комерцијалног ZnO. Слични резултати су добијени и применом ZnO нанопрахова допираних јонима Mg(II). Може се закључити да присуство Mg(II)-јона нема значајнији утицај на каталитичку активност у односу на ZnO, који је калцинисан на истој температури и да доминантан ефекат на каталитичку активност има температура калцинације. Међутим, са повећањем садржаја јона Mg(II) у мањој мери долази до повећања каталитичке активности допираног ZnO. Проучавајући ефикасност тернарних и мешаних бинарних ZnO нанопрахова, нађено је да је ефикасност мешаних бинарних фотокатализатора знатно већа у односу на активност тернарних фотокатализатора, при чему су у процесу разградње доминантно заступљени адсорбовани хидроксилни радикали, а слободни хидроксилни радикали су највероватније укључени у процес разградње само у малој мери.

Проучавана је и ефикасност синтетисаних анатас TiO<sub>2</sub> нанопрахова и то недопираних и допираних La(III)-јонима. Присуство јона La(III) у малој мери смањује ефикасност фотокаталитичке разградње алпразолама у случају нанопрахова синтетисаних сол-гел методом, док у случају нанопрахова синтетисаних хидротермалном методом практично нема утицај. Исто тако, може се закључити да је постигнута потпуна разградња алпразолама након 60 мин озрачивања применом нанопрахова синтетисаних и сол-гел и хидротермалном методом. Нешто већа брзина разградње алпразолама је постигнута у случају нанопрахова синтетисаних хидротермалном методом. Испитана је и ефикасност брукитних TiO<sub>2</sub> нанопрахова синтетисаних комбинованом сол-гел-хидротермалном методом уз варирање температуре и реакционог времена, при чему је нанопрах калцинисан на највишој температури (200 °C) показао практично исту ефикасност као TiO<sub>2</sub> Degussa P25. Испитана је и ефикасност TiO<sub>2</sub>/полианилин нанокомполитних прахова у фоторазградњи амитриптилин-хидрохлорида у два пута дестилованој води, као и у природним водама. Нађено је да се ефикасност фотокаталитичке разградње амитриптилин-хидрохлорида повећава у природним водама, што је значајно са аспекта применљивости система у реалним условима. Поред тога, испитана је и ефикасност фотокатализатора у облику превлаке од чистог TiO<sub>2</sub>, као и од WO<sub>3</sub>/TiO<sub>2</sub> и утврђено је да поред значајне адсорпције долази и до разградње амитриптилин-хидрохлорида. Добијени резултати указују на применљивост оваквог система, имајући у виду олакшано одвајање фотокатализатора након завршеног процеса разградње.

Утицај структуре супстрата на ефикасност фотокаталитичке разградње амитриптилин-хидрохлорида и алпразолама је проучаван применом TiO<sub>2</sub> нанопрахова допираних W(VI)-јонима, мешаних цинк-калај-оксидних нанопрахова, као и индијум-цинк-оксидних нанопрахова. TiO<sub>2</sub> нанопрахови допирани јонима W(VI) су показали већу фотокаталитичку активност у односу на чист TiO<sub>2</sub>, као и у односу на TiO<sub>2</sub> Degussa P25 у разградњи амитриптилин-хидрохлорида, док су сви поменути нанопрахови показали мању фотокаталитичку активност у односу на TiO<sub>2</sub> Degussa P25 у случају разградње алпразолама. Поред тога, нађена је знатна адсорпција амитриптилин-хидрохлорида на испитаним наноправовима, док адсорпција алпразолама није установљена. Исто тако, проучавање механизма разградње амитриптилин-хидрохлорида и алпразолама наводи на закључак да доминантну улогу у процесу фоторазградње амитриптилин-хидрохлорида имају хидроксилни радикали, док супероксидни радикал-анјони, синглетни молекулски кисеоник и хидроксилни радикали учествују у разградњи алпразолама. Мешани цинк-калај-оксидни фотокатализатори нису показали већу фотокаталитичку активност у разградњи амитриптилин-хидрохлорида и алпразолама ако се упореде са комерцијалним ZnO. Међутим, знатно већу активност су показали у поређењу са најчешће употребљаваним комерцијалним фотокатализатором TiO<sub>2</sub> Degussa P25. Од испитаних мешаних цинк-калај-оксидних фотокатализатора највећу ефикасност у разградњи оба испитивана супстрата је показао нанопрах у молском односу оксида ZnO и SnO<sub>2</sub>, 2 : 1 калцинисан на 700 °C, при чему је оптимална концентрација била иста и износи 1,0 mg/cm<sup>3</sup>. Проучавајући ефикасност индијум-цинк-оксидних нанопрахова у фотокаталитичкој разградњи амитриптилин-хидрохлорида и алпразолама утврђено је да ZnO/In<sub>2</sub>O<sub>3</sub> има највећу ефикасност у разградњи оба једињења, а исто тако и нешто већу ефикасност у односу на TiO<sub>2</sub> Degussa P25 применом симулираног сунчевог зрачења.

### **VIII ОЦЕНА НАЧИНА ПРИКАЗА И ТУМАЧЕЊА РЕЗУЛТАТА ИСТРАЖИВАЊА**

У овој докторској дисертацији Нина Финчур је коришћењем већег броја савремених аналитичких техника дала вредан прилог проучавању кинетике и механизма фотокаталитичке разградње одабраних активних компонената психоактивних лекова применом различитих типова комерцијалних и новосинтетисаних фотокатализатора. Наведена испитивања су резултовала обиљем података који су приказани систематично у одговарајућим таблицама и илустровани мноштвом слика. За све резултате су дата аргументована објашњења, која су, тамо где је то било могуће, поткрепљена и одговарајућим литературним наводима.

Докторска дисертација је у библиотеци ПМФ-а прошла проверу плагијарности применом софтвера iThenticate, који је показао да “similarity index” износи 9% (према упутству произвођача све вредности испод 15% представљају оригиналан рад). Комисија закључује да је ова докторска дисертација оригинално дело и да не представља плагијат.

У складу са наведеним, Комисија позитивно оцењује начин приказа и тумачења резултата истраживања у оквиру дисертације.

### **IX КОНАЧНА ОЦЕНА ДОКТОРСKE ДИСЕРТАЦИЈЕ:**

1. Да ли је дисертација написана у складу са образложењем наведеним у пријави теме  
Комисија оцењује да је ова докторска дисертација урађена и написана у складу са образложењима наведеним у пријави теме. Већина добијених резултата била је саопштена на научним скуповима и објављена у часописима са SCI листе са високим импакт фактором. Исто тако, публиковани резултати су имали значајан одјек у научној јавности што се огледа у високој цитираности радова. Укупна цитираност радова према SCOPUS-у је 70, док је број хетероцитата 60.
2. Да ли дисертација садржи све битне елементе  
Докторска дисертација садржи све битне елементе.
3. По чему је дисертација оригиналан допринос науци  
Оригинални допринос науци предметне докторске дисертације огледа се у следећем:
  - Детаљно је проучена кинетика фотолитичке и фотокаталитичке разградње алпрозолама применом ZnO и TiO<sub>2</sub> Degussa P25, односно амитриптилин-хидрохлорида у присуству ZnO при различитим експерименталним условима. Након одређивања оптималних услова рада при праћењу кинетике фоторазградње алпрозолама и амитриптилин-хидрохлорида применом течне хроматографије, утврђени су и оптимални услови фотокаталитичке разградње наведених активних компонената психоактивних лекова у воденој средини;
  - Испитана је ефикасност новосинтетисаних фотокатализатора: ZnO нанопрахова модификованих млевењем и калцинацијом, ZnO нанопрахова допираних Mg(II)-јонима, тернарних и мешаних бинарних цинк-калај-оксидних нанопрахова, анатас TiO<sub>2</sub> нанопрахова недопираних и допираних La(III)-јонима, као и брукиитних TiO<sub>2</sub> нанопрахова у фотокаталитичкој разградњи алпрозолама. Такође, испитана је ефикасност TiO<sub>2</sub>/полианилин нанокомпозитних прахова и превлака чистог TiO<sub>2</sub> и WO<sub>3</sub>/TiO<sub>2</sub> у фотокаталитичкој разградњи амитриптилин-хидрохлорида;
  - Предложени су могући интермедијери фотокаталитичке разградње алпрозолама у присуству ZnO и TiO<sub>2</sub> Degussa P25 као фотокатализатора;
  - Проучен је утицај структуре супстрата на ефикасност фотокаталитичке разградње, кроз испитивање ефикасности TiO<sub>2</sub> нанопрахова допираних W(VI)-јонима, мешаних бинарних цинк-калај-оксидних нанопрахова, као и индијум-цинк-оксидних нанопрахова;
  - Први пут је процењена токсичност алпрозолама и амитриптилин-хидрохлорида, као и интермедијера насталих у процесу њихове фотокаталитичке разградње методом одређивања цитотоксичног ефекта на раст хелијских линија сисара: Н-4-II-E, НТ-29, МRC-5 и Neuro-2а.
4. Недостаци дисертације и њихов утицај на резултат истраживања  
Комисија оцењује да је ова докторска дисертација написана на одговарајућем научном и методолошком нивоу и да нема уочених недостатака.

<b>X ПРЕДЛОГ:</b>
На основу укупне оцене дисертације, комисија предлаже:
да се докторска дисертација под насловом " <b>Фотолитичка и фотокаталитичка разградња одабраних психоактивних компонената лекова у воденој средини</b> " прихвати и да се кандидату Нини Финчур одобри одбрана.

#### ПОТПИСИ ЧЛАНОВА КОМИСИЈЕ

Др Љиљана Јовановић, редовни  
професор, председник

Др Биљана Абрамовић, редовни  
професор, ментор

Др Даниела Шојић Меркулов, ванредни  
професор, члан

Др Маја Шћепановић, научни  
саветник, члан

Др Тамара Иветић, виши научни  
сарадник, члан