

**НАУЧНО-НАСТАВНОМ ВЕЋУ
ПОЉОПРИВРЕДНОГ ФАКУЛТЕТА
УНИВЕРЗИТЕТА У БЕОГРАДУ**

Предмет: Оцена урађене докторске дисертације мр Татјане Шоштарић

Одлуком Научно-наставног већа Пољопривредног факултета, Универзитета у Београду бр. 33/8-5.4 од 27.04.2016. године именована је комисија за оцену и одбрану докторске дисертације мр Татјане Шоштарић под насловом: „Уклањање тешких метала из водених раствора биосорбентом на бази коштица кајсија као отпадне биомасе“. Комисија у саставу др Часлав Лачњевац, редовни професор, Универзитета у Београду, Пољопривредног факултета, др Мирјана Стојановић, научни саветник, Института за технологију нуклеарних и других минералних сировина у Београду, др Зора Дајић Стевановић, редовни професор, Универзитета у Београду, Пољопривредног факултета, др Блажо Лалевић, ванредни професор, Универзитета у Београду, Пољопривредног факултета, др Милан Краговић, научни сарадник, Института за технологију нуклеарних и других минералних сировина у Београду, на основу прегледа докторске дисертације, подноси следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. ОПШТИ ПОДАЦИ О ДОКТОРСКОЈ ДИСЕРТАЦИЈИ

Докторска дисертација **мр Татјане Шоштарић** под насловом: „Уклањање тешких метала из водених раствора биосорбентом на бази коштица кајсија као отпадне биомасе“, написана је на 213 стране текста. У оквиру дисертације приказано је 41 табеле и 88 слике. Докторска дисертација садржи резиме са кључним речима на српском и енглеском језику. Докторска дисертација је састављена од седам поглавља, и то: Увод (стр. 1-3), Преглед литературе (стр. 4-78), Предмет и циљ истраживања (стр. 79), Материјал и методе (стр. 80-101), Резултати и дискусија (стр. 102-186), Закључак (стр. 187-190) и Литература (стр. 191-212). На крају текста дисертације налази се Биографија кандидата (стр. 213).

2. ПРИКАЗ И АНАЛИЗА ДИСЕРТАЦИЈЕ

Увод. У уводу је кандидат изнео чињеницу да се у индустрији за прераду воћа на годишњем ниво, генеришу значајне количине отпадне биомасе за коју тренутно не постоји систематизовано прикупљање или коришћење, већ се одлаже на депоније или се спаљује, чиме се угрожава животна средина и доприноси емисији гасова стаклене баште који су узрок глобалног загревања и климатских промена. С тога кандидат указује на неопходност решавања овог проблема кроз развој иновативних технологија конверзије отпадне биомасе у производе нове употребне вредности.

Како се последњих година велика пажња посвећује испитивању могућности употребе агро-индустријског отпада у сврху уклањања тешких метала (због њихове високе токсичности, постојаности и тенденције ка биоакумулацији), истраживања у оквиру ове тезе, базирана су на испитивању могућности развоја биосорбента на бази ендокарпа кајсија у сврху уклањања Cu(II), Zn(II) и Pb(II) јона из водених раствора.

Преглед литературе. У прегледу литературе обрађени су литературни подаци из области која је предмет проучавања ове докторске дисертације. Састоји из седам мањих потпоглавља. У прва три потпоглавља: „Тешки метали у животnoj средини“, „Токсичност тешких метала“ и „Понашање тешких метала у воденоj средини“ истакнуто је све веће присуство тешких метала у животnoj средини и наведени су антропогени извори загађења у атмосфери, литосфери и хидросфери. За сваки од испитиваних метала (бакар, цинк и олово) наведено је његово порекло у биосфери као и његова токсична својства. Истакнут је значај познавања глобалних циклуса кретања тешких метала у природи не само због детерминисања нивоа загађења и констатовања последица већ ради стицања сазнања помоћу којих се могу развити методе и модели заштите животне средине. Посебно је истакнуто да најзначајнији антропогени извор тешких метала у воденим екосистемима представљају отпадне воде. Наведене су законске регулативе у законодавству РС које се односе на воде. Представљено је тренутно стање акватичних екосистема у РС у погледу присуства тешких метала, тренутни степен пречишћавања отпадних вода, као и порекло тешких метала од интереса у отпадним водама.

Четврто потпоглавље је посвећено биосорпцији, зеленоj ремедиационоj технологији, која се проучава као економски и еколошки оправдана алтернативна технологија за пречишћавање отпадних вода. Представљени су главни фактори који утичу на процес биосорпције, хемијске групе на површини биоматеријала одговорне за везивање тешких метала, као и биосорпциони механизми.

У петом потпоглављу, приказани су најчешће коришћени кинетички и изотермски математички модели, који служе за описивање интеракција у систему биосорбент/сорбат. Такође, у овом потпоглављу, у циљу одређивања спонтаности процеса, природе реакције и типа сорпције представљени су термодинамички параметри.

У шестом потпоглављу под називом „Биосорбенти“, кроз преглед литературе дат је хронолошки приказ развоја сазнања о биосорбентима. Затим је истакнуто да Република Србија има велики потенцијал у биомаси пореклом из пољоприврде и у вези са тим, отпадна биомаса може да буде значајан извор биосорбената за уклањање полутаната различитог антропогеног порекла. Пошто је отпадна биомаса лигноцелулозне природе, представљене су физичко-хемијске и структурне карактеристике оваквих материјала, као и функционалне групе одговорне за везивање тешких метала и механизми биосорпције код лигноцелулозних материјала. На крају овог потпоглавља дат је преглед најчешће коришћених третмана за побољшање адсорпционих карактеристика биоматеријала и дат је преглед истраживања која су вршена на различитим лигноцелулозним биоматеријалима у циљу уклањања јона бакра, цинка и олова из водених раствора.

На почетку седмог потпоглавља, које носи назив „Ендокарп кајсија (*Prunus armeniaca* L.) као биосорбент за уклањање тешких метала“, представљене су морфолошке особине кајсије, а затим је приказана производња и употреба кајсија

и употреба ендокарпа кајсија код нас и у свету. На самом крају овог дела дат је приказ резултата досадашњих истраживања у вези уклањања тешких метала ендокарпом кајсија, али је и наглашено да су сва истраживања, до сада, искључиво у форми активног угља.

Предмет и циљ истраживања био је испитивање могућности конверзије ендокарпа кајсија у биосорбент, у природном и модификованом облику, за уклањање Cu(II), Zn(II) и Pb(II) јона из водених раствора, као и његове потенцијалне практичне примене у пречишћавању отпадних вода контаминираних овим тешким металима. Оригиналноост ове докторске дисертације огледа се у томе што је прегледом литературних података до сада, ендокарп кајсија коришћен искључиво у форми активног угља, а не у природној форми, што је предмет ових испитивања.

Материјал и методе. Ова докторска дисертација је реализована кроз лабораторијска истраживања и у овом поглављу су детаљно кроз девет потпоглавља, детаљно представљене све методе које су коришћене у експерименталном раду.

На почетку овог поглавља шематски је дат приказ експеримента, где је графички представљена комплетна методологија рада.

У прва два потпоглавља представљен је начин припреме полазног материјала (ендокарпа кајсија) за испитивања.

У трећем потпоглављу представљене су методе, којима су вршена испитивања за одабир оптималних параметара модификације (утицај: концентрације NaOH, односа чврсте и течне фазе и времена третмана).

Како би се објасниле разлике и утврдило како модификација утиче на особине полазног узорка и ефикасност биосорбента, вршена је детаљна упоредна карактеризација природног (КК) и модификованог материјала (КМ) и методологија је представљена у четвртом потпоглављу. У ту сврху примењене су бројне физичко-хемијске анализе. Конвенционалним физичко-хемијским техникама одређиван је садржај: влаге, суве материје, пепела, сирових протеина и масти, супстанци растворних у ацетону, лигнина, холоцелулозе, целулозе, хемицелулозе и садржај метала. Представљене су методе за одређивање рН вредност суспензије, као и рН вредности нултог наелектрисања. У циљу одређивања кисело/базног карактера функционалних група на површини природног и модификованог биосорбента рађене су Боемове титрације. Такође, дата је методологија испитивања капацитета измене катјона код природног и модификованог материјала.

У петом потпоглављу представљене су инструменталне методе које су коришћене за упоредну карактеризацију КК и КМ: рендгенска дифракциона анализа (XRD); термијска анализа (TG/DTA), живина порозиметрија; скенирајућа електронска микроскопија (SEM); енергетска дисперзиона спектроскопија (EDS) и Фуријеова трансформациона инфрацрвена спектроскопија (FT-IR).

Након, детаљног приказа метода коришћених у сврху упоредне карактеризације, у шестом потпоглављу, дат је приказ методологије рада биосорпционих експеримента у шаржном систему. Најпре је приказан начин припреме основних и радних раствора који су коришћени за експериментална испитивања, а затим је представљена процедура стандардног биосорпционог експеримента у шаржном систему. Експерименти у шаржном систему су извођени тако што је биосорбент био у контакту са сорбатом, уз непрестално мешање и у

временском интервалу који је био довољан да се успостави равнотежа између сорбата који се адсорбовао и који је преостао у раствору.

У циљу испитивања утицаја различитих параметара на процес биосорпције, у седмом потпоглављу су приказане методе за испитивање утицаја сваког параметра понаособ: утицај гранулације биосорбента, почетне рН вредности сорбата, утицај концентрације како биосорбента тако и сорбата, утицај контактеног времена и температуре. Такође, да би се утврдила брзина биосорпционих процеса представљене су методе за испитивање кинетике сорпције испитиваних тешких метала на ККМ. Представљене су и методе за испитивање међусобног утицаја јона метала на њихово уклањање употребом ККМ.

У осмом потпоглављу најпре је представљена метода за одабир десорпционог агенса, а потом и начин употребе истог у десорпционим експериментима, у циљу утврђивања да ли се искоришћени биосорбент после употребе може регенерисати.

У последњем потпоглављу представљена је методологија испитивања оптималних параметара примене испитиваног биосорбента у форми гранула (добијених са натријум алгинатом) комбинованих са бентонитом као везивним средством и методологија тестирања добијеног биосорбента на реалном ефлуенту.

Резултати и Дискусија. Резултати истраживања обрађени су у оквиру седам потпоглавља и приказани су кроз прегледне табеле, слике и графиконе који илуструју истраживања а добијени резултати су дискутовани уз концизна тумачењем упоређивањем са релевантним литературним подацима.

Како би се добио биосорбент унапређених адсорпционих карактеристика, у **првом** потпоглављу, испитани су следећи параметри модификације: утицај концентрације базе, утицај односа чврсте и течне фазе и утицај контактеног времена. Одабрани су оптимални параметри алкалног третмана: почетна концентрација модификујућег агенса NaOH 1 mol/L; однос чврсто/течно 1:20, време контакта 180 минута и добијени материјал је назван ККМ.

У **другом** потпоглављу је извршена детаљна упоредна карактеризација полазног узорка КК и модификованог узорка ККМ, како би се објасниле разлике и утврдило како модификација утиче на особине полазног узорка. У ту сврху примењене су бројне физичко-хемијске анализе и различите инструменталне технике. Хемијске анализе су потврдиле да је последица базног третмана, смањени удео компоненти растворних у ацетону (2,56% код КК и 1,41% код ККМ), да је дошло до разлагања хемицелулозе (19,23% код КК и 3,52% код ККМ) и да је услед деполимеризације лигнина удео лигнина код ККМ донекле мањи (22,72% код КК и 22,21% код ККМ). Резултати елементарне анализе показали су да се оба материјала у највећем делу састоје из угљеника, кисеоника и водоника, док је удео азота незнатан а сумпора уопште нема. Потврђено је да је алкални третман значајно утицао на повећање капацитета катјонске измене, тако да је код ККМ (29,51 meq/100g) скоро пет пута већи у односу на КК (6,72 meq/100g), што је пре свега, последица повећаног садржаја натријумових јона услед третмана са базом. Удео метала после модификације се углавном смањило, сем у случају магнезијума који је највероватније био везан у хемицелулози. Померање тачке нултог наелектрисања са $pH_{PZC}=4,59$ код КК на $pH_{PZC}=5,71$ код ККМ, указује да је површина биосорбента ККМ постала базнија након модификације. Боехм-ове титрације су такође, потврдиле да је дошло до промена у наелектрисању површине ККМ, јер

након модификације садржај укупних базних група је већи него код КК скоро 10 пута (0,309 mmol/g и 0,037 mmol/g).

Структурне промене до којих долази након базног третмана нативног материјала испитане су рендгенском дифракционом анализом и израчунате вредности индекса кристалинитета CrI, који износе 39,2% и 47 %, за узорке КК и ККМ, респективно. Повећање индекса кристалинитета је показатељ да третман базом утиче на уклањање воскова, лигнина и хемицелулозе са површине целулозних фибрила. Што је у сагласности са резултатима добијеним скенирајућом електронском микроскопијом. На SEM микрографијама се виде морфолошке промене до којих је дошло након базног третмана а огледају се у томе што је структура материјала рапавија и на изглед крта, као последица уклањања воскова, масти и осталих нечистоћа.

На SEM микрографијама након сорпције метала види се да долази до морфолошких промена на површини ККМ. На EDX спектру нативне биомасе КК уочава се присуство јона угљеника, кисеоника и калијума, док је након алкалног третмана код ККМ, EDX спектар показао да калијумових јона више нема и да овај материјал карактерише присуство јона натријума. Јони натријума се након сорпције све три врсте метала губи, што указује да је један од механизма сорпције тешких метала јонска измена између натријумових јона и јона метала.

Термичка разградња испитиваних лигноцелулозних материјала КК и ККМ показује да се навећи губитак масе (90,51 % код КК и 90,37 % код ККМ) дешава у опсегу од 200 до 700°C и последица је деградације лигноцелулозних компоненти. Разградња органске материје се дешава из два дела, на шта указују два егзотермна пика. Нижи температурни режим утиче на разлагање хемицелулозе и на почетно разлагање целулозе, док виши режим више има утицаја на каснију фазу разлагања целулозе и на лигнин који се постепено и споро разлаже. Резултати су показали да је ККМ мање стабилан, у односу на КК, на термичку разградњу.

На основу података о специфичној површини, укупној порозности и запремини пора добија се процена о доступној реактивној површини која доприноси биосорпционим процесима. Резултати живине порозиметрије су потврдили да је код ККМ дошло до повећања запремине пора (са 218 на 270 mm³/g), повећања просечног пречника пора (са 393 на 468 nm) и порозности (са 25 на 30 %).

FTIR спектри КК су показали значајно присуство киселих кисеоничних група какве су карбоксилне и хидроксилне група које могу да буду у протонаном и депротонаном облику и као такве представљати кључна места за везивања катјона. Детерминисана су четири пика која су карактеристична за лигноцелулозне материјале: 3400-3200 cm⁻¹ (ОН), ~ 1700 cm⁻¹ (C=O), ~ 1200 cm⁻¹ (C-O-C) и ~1050 cm⁻¹ (C-O-(H)). Након модификације трака на 1732 cm⁻¹ код полазног материјала је код ККМ нестала, што илуструје ефекат који база има на природни материјал, доводећи до деградације хемицелулозе, јер трака на овом таласном броју је карактеристична за везе заступљене у хемицелулози, у комплексу хемицелулоза-лигнин, као и код воскова и масти. Такође, интензитет траке на 1233 cm⁻¹ (који указује на C-O-C валенциону вибрацију арил-алкил етарска веза) је драстично опао и на његовом месту код ККМ су се појавиле две траке мањег интензитета на 1266 и 1227 cm⁻¹, што би могло да потврди алкалну деполимеризацију лигнина. Смањени интензитет трака у региону око 3400 cm⁻¹ и у пределу 1100 - 1000 cm⁻¹ на FTIR спектру ККМ указује на смањени удео -ОН група. Највероватније је дошло до измене протона са јонима натријума у оквиру -

ОН група. Најупадљивије промене након биосорпције тешких метала од стране ККМ јесу промене интензитета трака у области $3500\text{-}3000\text{ cm}^{-1}$ и 1200 до 1000 cm^{-1} што указује да -ОН група учествује у везивању јона испитиваних метала.

У **трећем** потпогављу испитани су основни сорпциони параметри приликом уклањања Cu(II) , Zn(II) и Pb(II) јона из водених раствора биосорбентом ККМ. Након детаљног испитивања утврђени су оптимални параметри: $\text{pH}=5,0$; време контакта 120 минута, однос чврсто/течне фазе $0,1\text{g}/50\text{mL}$, гранулација $<0,8\text{mm}$.

Експериментално добијени резултати сорпције на ККМ и код сва три испитивана јона метала, боље се описују Фројндлиховим моделом, док је код КК боље слагање са Ленгмировим моделом. Сорпција испитиваних јона на природном материјалу КК одвија на енергетски хомогеној површини (монослојно). Модел, такође, указује на хемијску природу сорпције што је последица присуства киселих функционалних група као што су кисеоничне групе (карбоксилне и фенолне) које имају афинитет за везивање јона метала. Што се тиче биосорбента ККМ, добијени резултати сорпције за сва три испитивана јона метала, боље се описују Фројлиховим моделом, што показују да се у сва три случаја адсорпција не одвија у монослоју, тј. да је површина биосорбента ККМ хетерогена и да се везивање јона одвија на сложен начин.

Резултати испитивања јонске измене између катјона алкалних и земно алкалних метала и Cu(II) , Zn(II) и Pb(II) јона, током сорпције, упућују на то, да је природа интеракције између биосорбента ККМ и сорбата пре свега измена натријумових јона са јонима испитиваних метала. Такође значајан је удео и измене са водониковим јонима. Међутим, пошто концентрација везаних јона метала и ослобођених катјона није свуда у стехиометријском односу, очигледно је да механизам јонске измене није једини. Јонска измена је доминантна на нижим почетним концентрацијама, док на вишим почетним концентрацијама ово није једини механизам.

Експериментално добијени кинетички подаци одговарају моделу псеудо-другог реда, што указује да се на површини биосорбента ККМ одиграва и хемијска адсорпција и јонска измена. Резултати испитивања модела међучестичне дифузије указују да се спољашња дифузију јона метала кроз раствор ка спољашњој површини биосорбента и адсорпцију одиграва већом брзином, док се дифузија јона метала у поре и међучестичне просторе, до успостављања равнотеже дешава много спорије. Константе брзине за први временски интервал су веће него за други, што потврђује да се везивање метала одвија већим делом на површини. Највероватније долази до јонске измене између јона натријума (који су лако измењиви и најслабије везани) са јонима метала са најдоступнијих места на површини биосорбента, а затим се адсорпција дешава и на мање доступним местима унутар пора.

Са порастом температуре расте сорпциони капацитет за све испитиване метале, а да повећање температуре позитивно утиче на уклањање испитиваних јона, показује то што се при повећању температуре на свим концентрацијама и код све три врсте испитиваних јона тешких метала, слободне Гипсове енергије се смањује. Негативна вредност промене слободне Гипсове енергије указује на то да је процес везивања испитиваних јона метала спонтан, што се дешава на нижим почетним концентрацијама јона метала. При већим почетним концентрацијама слободне Гипсове енергије постаје позитивна указујући на то да процес више није спонтан.

Процес уклањања испитиваних јона тешких метала је ендотерман, на шта указује промена енталпије која је у свим случајевима позитивна, а пошто је промена енталпије мања од 8,4 kJ/mol, ово је још један показатељ да је механизам везивања јона ККМ јонска измена.

Позитивна вредност стандардне ентропије указује на то да током процеса везивања испитиваних јона долази до повећања степена неуређености на граници чврсто/течно. На најнижим концентрацијама, код све три врсте испитиваних тешких метала, ентропија има највише вредности: 33,91; 35,18 и 36,84 J/molK код Cu(II), Zn(II) и Pb(II) јона, респективно. Наиме на концентрацијама где доминира јонска измена и где је количина катјона који напуштају ККМ већа од концентрације јона који се везују, вредности ентропије је висока. Међутим, са повећањем почетне концентрације јона у раствору, вредности ентропије се постепено смањује, указујући на то да ту престаје јонска измена да буде доминантан механизам.

У **четвртом** потпоглављу испитан је међусобни утицај јона метала на ефикасност биосорпције у бинарним и тернарним системима и уочено је да је супресија сорпције другим јонима метала најмање изражена код олова док је највише изражена код цинка. Резултати добијени током ових испитивања показали су да адсорпција јона на ККМ опада у следећем низу: Pb(II) > Cu(II) > Zn(II).

У **петом** потпоглављу, базирајући се на резултатима добијеним из сорпционо/десорпционих експеримената, утврђено је да биосорбент ККМ се може ефикасно регенерисати помоћу одабране киселине (0,1 mol/L HCl) и као такав погодан је за рекулерацију испитиваних метала. Након десорпције, регенерисани биосорбент може да се одложи на еколошки прихватљив начин без бојазни да садржи тешке метале.

У **шестом и седмом** потпоглављу ради практичне примене биомаса ККМ је инкапсулирана натријум алгинатом и бентонитом као везивним средством. Добијене грануле су испитане у шаржном систему и на следећим реалним ефлуентима: отпадне воде из рударског комбината Трепча, отпадне воде из рударско – топионичарског басена Бор и отпадне воде из погона за галванизацију. Имобилисана биомаса је утицала да се значајно смањи садржај калцијума у свим узорцима, као и бакра, сем у случају плавих вода из рударско – топионичарског басена Бор где је концентрација овог метала прилично висока.

Закључак.

На крају анализе Резултата и дискусије изведени су Закључци у којима су концизно изнети постигнути резултати у истраживању, а који одговарају постављеним циљевима дисертације.

Литература. У дисертацији је на правилан начин наведено 243 референци. Избор референци је актуелан и одговара предмету проучавања.

3. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

Докторска дисертација мр Татјане Шоштарић под насловом: „Уклањање тешких метала из водених раствора биосорбентом на бази коштица кајсија као отпадне биомасе“ представља оригиналан научни рад са практичним значајем. Кандидаткиња је системски проучила све доступне литературне изворе, што јој је омогућило да успешно спроведе самостални истраживачки научни рад. Резултати

ове докторске дисертације могу да буду добра полазна тачка за решавање проблема отпадне биомасе, кроз конверзију овакве јефтине и доступне отпадне сировине у еколошки безбедан материјал који има адсорпциони афинитет према јонима тешких метала у воденим системима.

Потврђено је да модификовани материјал ККМ знатно ефикасније уклања испитиване тешке метале у односу на природни КК, односно, да присуство натријумових јона значајној повећава адсорпциони капацитет.

Научни допринос ове дисертације огледа се у сагледавању и дефинисању сложених механизма биосорпције испитиваних јона тешких метала употребом биосорбента ККМ. Уклањање испитиваних јона тешких метала употребом ККМ укључује хемисорпцију и јонску измену. Показано је да се јонском изменом код ККМ доминантно измењују јони натријума са испитиваним катјонима. Јонска измена је доминантна на нижим почетним концентрацијама сорбата, док на вишим почетним концентрацијама сорбата доминантна је хемисорпција.

Посебна вредност ове дисертације огледа се у томе што до сада испитивања ове врсте су рађена само на активном угљу добијеном од коштица кајсије али не у и свој природној форми.

Имајући у виду све изнето, Комисија позитивно оцењује докторску дисертацију кандидата мр Татјане Шоштарих под насловом: : „Уклањање тешких метала из водених раствора биосорбентом на бази коштица кајсија као отпадне биомасе“ и предлаже Научно-наставном већу Пољопривредног факултета, Универзитета у Београду, да ову позитивну оцену усвоји и тиме омогући кандидату да пред истом Комисијом јавно брани докторску дисертацију.

У Београду, 09.05.2016.

Чланови комисије:

Др Часлав Лачњевац, редовни професор,
Универзитет у Београду - Пољопривредни факултет,
ужа научна област Хемија

др Мирјана Стојановић, научни саветник,
Институт за технологију нуклеарних и других минералних сировина,
ужа научна област Биотехнологија

др Зора Дајић Стевановић, редовни професор
Универзитет у Београду - Пољопривредни факултет,
ужа научна област Пољопривредна ботаника

др Блажо Лалевић, ванредни професор
Универзитет у Београду - Пољопривредни факултет,
ужа научна област Микробиологија земљишта и воде

др Милан Краговић, научни сарадник
Институт за технологију нуклеарних и других минералних сировина,
ужа научна област Физичка хемија

Прилог:

Радови мр Татјане Шоштарић објављени у научним часописима који су на SCI листи:

Рад у врхунском међународном часопису M₂₁

1. Mirjana Stojanović, Dragi Stevanović, Jelena Milojković, Marija L. Mihajlović, Zorica Lopičić, **Tatjana Šoštarić** (2011). *Influence of soil type and physical chemical properties on uranium sorption and bioavailability*. Water, Air, & Soil Pollution, 223 (1), 135-144. ISSN: 0049-6979
2. Jelena V. Milojković, Marija L. Mihajlović, Mirjana D. Stojanović, Zorica R. Lopičić, Marija S. Petrović, **Tatjana D. Šoštarić** and Mirjana D. Ristić (2014) Pb(II) removal from aqueous solution by *Myriophyllum spicatum* and its compost: equilibrium, kinetic and thermodynamic study, J Chem Technol Biotechnol (IF: 2.5) 05/2014; 89(5):662-670. DOI:10.1002/jctb.4184
3. Stojanović M., Pezo L., Mihajlović M., Petrović J., Petrović M., **Šoštarić T.**, Milojković J. (2014). Chemometric approach for prediction of uranium pathways in the soil, Radiochimica Acta, 102 (8): 701-710.
4. Marija Petrović, **Tatjana Šoštarić**, Mirjana Stojanović, Jelena Milojković, Marija Mihajlović, Marija Stanojević, Slavka Stanković, Removal of Pb²⁺ ions by raw Corn silk (*Zea mays* L.) as a novel biosorbent, Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers, DOI: 10.1016/j.jtice.2015.06.025

Рад у међународном часопису M₂₂

1. Jelena V. Milojković, Mirjana D. Stojanović, Marija L. Mihajlović, Zorica R. Lopičić, Marija S. Petrović, **Tatjana D. Šoštarić** and Mirjana D. Ristić (2014) Compost of aquatic weed *Myriophyllum spicatum* as low-cost biosorbent for selected heavy metal ions, Water Air and Soil Pollution (IF: 1.75) 0.3/2014; DOI:10.1007/s11270-014-1927-8
2. **Šoštarić T.**, Petrović M., Milojković J., Lačnjevac Č., Ćosović A., Stanojević M., Stojanović M., Application of waste apricot stones from fruit processing industry in environmental clean-up: copper biosorption study, Fruits, 70 5 (2015) 271-280; DOI:10.1051/fruits/2015028

Рад у међународном часопису M₂₃

1. Mirjana Stojanović, Marija Mihajlović, Zorica Lopičić, Jelena Milojković, **Tatjana Šoštarić**, Marija Petrović (2013) *The influence of soil type on maize and wheat uranium uptake*, Quality Assurance and Safety of Crops & Foods., ISSN 1757-8361, ISSN 1757-837X online, DOI 10.3920/QAS2012.0229
2. Zorica R. Lopičić, Jelena V. Milojković, **Tatjana D. Šoštarić**, Marija S. Petrović, Marija L. Mihajlović, Časlav M. Lačnjevac, Mirjana D. Stojanović (2013) *Uticaj pH vrednosti na biosorpciju jona bakra otpadnom lignoceluloznom masom koštice breskve*, Hemijska industrija, DOI:10.2298/HEMIND121225018L, Hemijska industrija, V 67, br. 6, pp. 1007-1015

3. Stojanović Mirjana D., Lačnjevac Časlav M., Mihajlović Marija L., Petrović Marija V., **Šoštarić Tanja D.**, Petrović Jelena T., Zorica R. Lopičić, Ecological and corrosion behavior of depleted uranium, (2015) 69 (2) 107-119; DOI:10.2298/HEMIND131025024S
4. Marija S. Petrović, **Tatjana D. Šoštarić**, Lato L. Pezo, Slavka M. Stanković, Časlav M. Lačnjevac, Jelena V. Milojković, Mirjana D. Stojanović (2015) Usefulness of ANN-based Model for Copper Removal From Aqueous Solutions Using Agro Industrial Waste Materials, Chemical Industry and Chemical Engineering Quarterly 21, 249-259.

Часопис међународног значаја верификован посебним одлукама M₂₄

1. Jelena Milojković, Marija Mihajlović, **Tanja Šoštarić**, Zorica Lopičić, Marija Petrović, Časlav Lačnjevac, Mirjana Stojanović, Ispitivanje mogućnosti primene različitih sorpcionih materijala za uklanjanje Cu(II) jona iz vodenih rastvora, Zaštita Materijala (2014) broj 3, UDC:620.197(06.22), ISSN 0351-9465, str: 271-281.
2. **Tatjana D. Šoštarić**, Marija S. Petrović, Jelena T. Petrović, Jelena V. Milojković, Milan M. Kragović, Časlav M. Lačnjevac, Mirjana D. Stojanović, Uticaj hemijske modifikacije na adsorpcione karakteristike biosorbenta na bazi koštica kajsija, Zaštita materijala 56(3) 321-328 (2015).