

ZAŠTITA MATERIJALA MATERIAL AND ENVIRONMENT PROTECTION **I ŽIVOTNE SREDINE**

ČASOPIS: ZAŠTITA MATERIJALA I ŽIVOTNE SREDINE

Glavni urednik: Dr Darko Vuksanović,
Univerzitet Crne Gore,
Metalurško-tehnološki fakultet

SADRŽAJ

Uređivački odbor:

Dr Petar Živković, Crna Gora
Dr Jagoda Radošević, Hrvatska
Dr Miomir Pavlović, Srbija
Dr Dani Vrhovšek, Slovenija
Dr Kiril Lisičkov, Makedonija
Dr Tarik Kupusović, Bosna i Hercegovina
Dr Refik Zejnilović, Crna Gora
Dr Časlav Lačnjevac, Srbija
Dr Ilija Nasov, Makedonija
Dr Goran Vujić, Srbija
Dr Niko Samec, Slovenija
Dr Ivan Gržetić, Srbija
Dr Željko Jaćimović, Crna Gora
Dr Nada Blagojević, Crna Gora
Dr Aleksandar Joksimović, Crna Gora

Izdavački savjet:

Dr Jelena Pješčić – predsjednik
Dr Ivana Bošković
Mr Dragan Radonjić
Dr Filip Kokalj
Mr Igor Jovanović

Za izdavača:

Prof. dr Darko Vuksanović

Izdavač:

Crnogorsko društvo za koroziju, zaštitu
materijala i zaštitu životne sredine

Pokrovitelj:

Inženjerska komora Crne Gore

Štampa:

Grafički studio KRUG, Bar

Tiraž:

100

Naučni radovi

- IDEJNO RJEŠENJE OBRADNE OTPADNE
VODE IZ INDUSTRIJE PRERADE MESA
BILJNIM UREĐAJIMA** 1
Avdić Nurudin, Korać Fehim, Kaldžija Naida
- PROTECTING FRESH WATER BODIES WITH
ECOREMEDIATIONS** 17
Prof. dr. Danijel Vrhovšek, Tea Erjavec Haložan
- IN SITU SYNTHESIS OF BIOCOMPATIBLE
COMPOSITE LAYER OF HYDROXYAPATITE/
PASSIVE OXIDE SURFACES ON THE
MODIFIED TITANIUM** 26
M. R. Pantović Pavlović, S. Eraković,
M. M. Pavlović, V. Panić, M. G. Pavlović
- NEW TRENDS IN THE
PACKAGING MATERIALS** 35
Aleksandra Porjazoska Kujundziski, Dragica Chamovska
- SPOSOBNOST ADSORPCIJE
DIBUTILFTALATA ALUMOSILIKATIMA
SINTETISANIM PRI RAZLIČITIM
KONCENTRACIJAMA Na₂CO₃** 42
Ljubica Vasiljević, Danijela Rajić, Slavko Smiljanić,
Aleksandar Došiić, Dragan Tošković,
Zoran Obrenović, Miladin Gligorić
- ZATVARANJE ŽIVOTNOG CIKLUSA
OTPADNE BIOMASE HIDROTERMALNOM
KARBONIZACIJOM** 50
Jelena Petrović, Marija Mihajlović, Mirjana Stojanović,
Marija Petrović, Marija Kojić, Tatjana Šoštarić,
Časlav Lačnjevac
- HRAPAVOST POVRŠINE ALUMINIJUMA
NAKON ELEKTROHEMIJSKOG GLAČANJA** 59
Marija G. Riđošić, Veljko Marić, Milorad V. Tomić,
Miomir G. Pavlović

Reklame

ZATVARANJE ŽIVOTNOG CIKLUSA OTPADNE BIOMASE HIDROTERMALNOM KARBONIZACIJOM

Jelena Petrović¹, Marija Mihajlović¹, Mirjana Stojanović¹, Marija Petrović¹, Marija Kojić¹,
Tatjana Šoštarić¹, Časlav Lačnjevac²

¹Institut za tehnologiju nuklearnih i drugih mineralnih sirovina, Franše d'Eperea 86,
11000 Beograd, Srbija (j.petrovic@itnms.ac.rs)

²Poljoprivredni fakultet, Univerzitet u Beogradu, Srbija

Izvod

Otpadna lignocelulozna biomasa ima izvanredan potencijal kao sirovina za održivu proizvodnju energije i drugih biomaterijala. Međutim, zbog inferiornih fizičko-hemijskih svojstava u odnosu na ugalj, biomasa ne predstavlja idealnu sirovinu za industrijsku primenu i neophodna je njena modifikacija. Hidrotermalna karbonizacija je termo-hemijski postupak konverzije vlažne otpadne biomase na povišenoj temperature i autogenom pritisku u hidročađ i procesnu vodu. Dobijena hidročađ, po prirodi slična uglju, može biti primenjena kao zamena za fosilni ugalj, sekvestraciju ugljenika, adsorbent različitih polutanata, dodatak za poboljšanje plodnosti zemljišta i dr. Procesna voda, bogata rastvorenim organskim materijama predstavlja pogodan supstrat za sintezu bitnih hemikalija i proizvodnju biogasa. Ovaj rad pruža uvid u osnovne reakcione mehanizme, kao najvažnije primene dobijenih proizvoda.

Ključne reči: Hidrotermalna karbonizacija, biomasa, hidročađ, čvrsto biogorivo

Uvod

Poslednjih godina, sve veća antropogena aktivnost i potrošnja fosilnih goriva dovode do potrebe za proizvodnjom energije iz obnovljivih izvora [1]. Otpadna biomasa, kojoj su pripisane brojne uloge u strategijama održive proizvodnje, ima izvanredan potencijal kao sirovina za dobijanje energije i goriva. Osim toga što može predstavljati izvor hrane, ovaj obnovljiv izvor se može koristiti za proizvodnju aktivnih ugljeva, sekvestraciju ugljenika i poboljšanje kvaliteta zemljišta [2]. Međutim, visoka cena sušenja i propisnog skladištenja biomase smanjuje

aktuelnost reciklaže, pa se u mnogim zemljama ona odlaže na otvorene deponije, čime se zagađuje životna sredina, umesto da se bolje iskoristi njen potencijal [3]. Iz ovog razloga se poslednjih godina sve više ispituje razvoj novih, ekološki unapređenih tehnologija prerade, posebno vlažne otpadne biomase, sa akcentom na dizajniranje proizvoda nove upotrebne vrednosti [4,5]. Jedan od aktuelnih procesa konverzije otpadne biomase je i postupak hidrotermalne karbonizacije (HTC).

HTC postupak podrazumeva zagrevanje suspenzije biomase i vode u zatvorenom reaktoru, na povišenoj temperaturi i autogenom pritisku tokom nekoliko sati. Glavna prednost ovog procesa u odnosu na tradicionalne načine konverzije, poput pirolize i karbonizacije, jesu niže reakcione temperature, kao i mogućnost tretmana biomase bez potrebe za njenim sušenjem [1,5,6]. Pored toga, ovaj postupak karakteriše visoka efikasnost konverzije, tokom koje se izuzetno visok procenat ugljenika iz biljnog otpada (do 90 %) prevodi u čvrsti ugljenični materijal-hidročađ, a pri tome ne dolazi do emisije gasova staklene bašte (CO_2 , CO , CH_4) u atmosferu [5,7]. Stoga se HTC smatra tehnologijom budućnosti za konverziju otpadne biomase u ugljenikom bogat proizvod koji se može koristiti za širok

spektar ekoloških, elektrohemijskih, katalitičkih i dugih primena.

Pored hidročađi, pri HTC procesu se stvaraju i veće količine procesne vode, u kojoj je prisutan visok sadržaj fenolnih komponenti i rastvorenih organskih jedinjenja [8]. Primena ove tehnologije pruža veliki potencijal zemljama u razvoju u domenu održivog upravljanja otpadnom biomasom, ali i industrijskim i komunalnim otpadom, kao i sprečavanju njihovog nekontrolisanog odlaganja sa potencijalnim posledicama na životnu sredinu. U okviru ovog rada biće sumirana dosadašnja saznanja o hemijskoj transformaciji lignocelulozne biomase tokom HTC postupka, kao i dosadašnjoj primeni dobijenih proizvoda, a u cilju promovisanja potencijala ove napredne tehnologije za konverziju otpadne biomase.

Mehanizam hemijske transformacije

Primenom HTC procesa biomasa postaje značajno karbonizovana, pri čemu mehanizam transformacije podrazumeva seriju reakcija poput hidrolize, dehidratacije, dekarboksilacije, polimerizacije, kondenzacije i aromatizacije [5,6]. Prikaz mehanizma sa najčešćim proizvodima degradacije je prikazan na Slici 1.

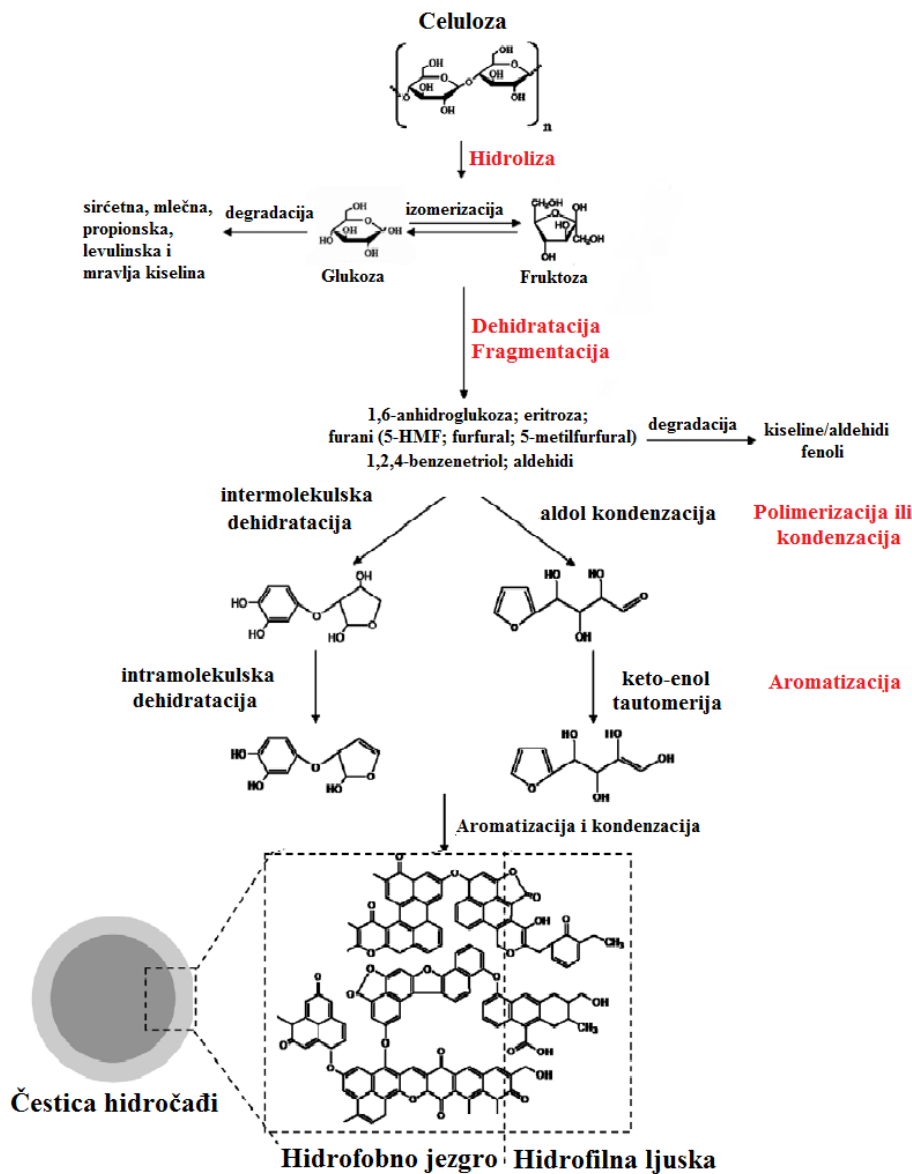
Reakcije započinju hidrolizom, usled čega dolazi do degradacije rigidne strukture polimera biomase (hemiceluloze, celuloze i lignina) na manje gradivne jedinice [9]. Prisustvo podkritične vode, pri HTC uslovima, obezbeđuje efikasno raskidanje β -(1-4)-glikozidne veze hemiceluloze i celuloze pri čemu nastaje veliki broj proizvoda rastvorljivih u vodi, poput oligomera i monomera šećera, ali i

proizvoda degradacije lignina [9,10]. Tokom HTC-a, hemiceluloza znatno hidrolizuje na temperaturama između 180 i 200 °C celuloza na temperaturi oko 200 °C, dok su za degradaciju lignina neophodne temperature iznad 200 °C [2,5]. Najčešći proizvodi hidrolize jesu limunska, levuluinska i mravlja kiselina, 5-hidroksimetilfurfural, kao i različite fenolne komponente [8,11].

Odmah po hidrolizi dolazi do dehidratacije i dekarboksilacije dobijenih oligomera i monomera. Tokom ovih reakcija dolazi do značajnog porasta sadržaja ugljenika u biomasi, dok se sadržaji kiseonika i vodonika smanjuju, što ukazuje da je tokom ovih reakcija postignuta karbonizacija biomase [3]. Kao posledica ove eliminacije hidroksilnih i karboksilnih

grupa nastaju nezasićeni, veoma reaktivni fragmenti biomakromolekula, koji se međusobno udružuju reakcijama polimerizacije i kondenzacije. Istovremeno sa reakcijama polimerizacije, dolazi i do

aromatizacije dobijenih polimera. Intramolekulskom dehidratacijom i keto-enol tautomerijom dobijenih aromatičnih struktura dolazi do formiranja aromatičnih klastera i formiranja čvrste hidročađi [12].



Slika 1. Put hemijske transformacije biomase do hidročađi [12]

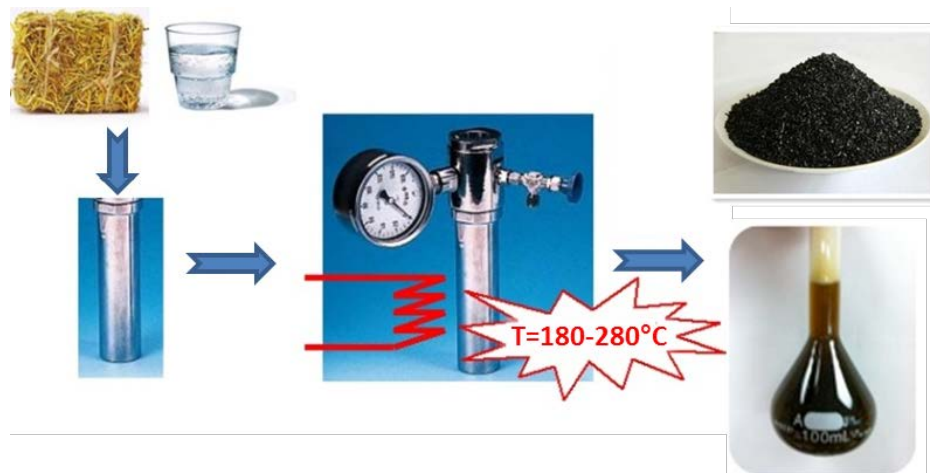
Proizvodi HTC procesa i njihova dosadašnja primena

Kao proizvodi HTC procesa se dobijaju čvrsti ugljenični materijal (hidročađ) i procesna voda (Slika 2). Prinos i karakteristike ovih proizvoda zavise od reakcionih uslova i od tipa biomase koja se koristi [2]. Primarni proizvod karbonizacije

(hidročađ) je elementarno veoma sličan lignitu ili pod-bitumenskom uglju. Karakteriše ga veći sadržaj ugljenika nego u polaznoj biomasi, koji može varirati u zavisnosti od primenjenih reakcionih parametara, prvenstveno temperature. U

zavisnosti od stepena karbonizacije hidročađi mogu pokazivati visoke kalorijske vrednosti, ili sadržati veliku

količinu različitih funkcionalnih grupa na svojoj površini [5,7].



Slika 2. Šema HTC procesa sa proizvodima (hidročađ i procesnom vodom) [13]

Hidročađi dobijene karbonizacijom različitih materijala su do sada našle brojne potencijalne primene, koje uključuju obogaćivanje zemljišta, katalizu, uklanjanje različitih organskih i neorganskih zagađivača, kao sirovina za biogorivo, i dr.. Sa druge strane, procesna voda, koja sadrži deo mineralnih materija iz polazne sirovine i obiluje rastvorenim organskim materijama, može biti povoljan supstrat za dobijanje biogoriva i specifičnih hemikalija [11]. U sledećim pasusima će biti sumirane najvažnije oblasti primene hidročađi i procesne vode u kojima su, zahvaljujući svojim karakteristikama, pokazali veliki potencijal i održivost primene.

S obzirom da hidročađi poseduju poboljšane fizičko-hemijske karakteristike u odnosu na sirovu biomasu, poslednjih godina se sve više ispituje mogućnost njihove primene kao izvora energije [14]. Hidročađi dobijene HTC postupkom pokazuju bolje gorivne karakteristike od polazne sirovine, jer tokom ovog procesa dolazi do uklanjanja energetski siromašne hemiceluloze i celuloze, pa dobijena

hidročađ poseduje veću toplotnu moć [2,14]. Pored toga, hidročađ sadrži manje pepela, isparljivih materija i sumpora u poređenju sa sirovom biomasom, što eliminiše rizik od prljanja, nastanka šljake i korozije u ložištima, kao i smanjenje emisije štetnih gasova tokom njenog direktnog sagorevanja [14]. Ove karakteristike čine hidročađ veoma pogodnim kandidatom i perspektivnim materijalom za proizvodnju električne i toplotne energije.

Druga, veoma značajna primena hidročađi je poboljšanje kvaliteta zemljišta [2]. Istraživanja pokazuju da primena hidročađi ima veoma pozitivne efekte na plodnost zemljišta. Zahvaljujući svojoj fizičkoj strukturi i hemijskom sastavu, hidročađ može smanjiti kiselost zemljišta, poboljšati aeraciju oranica i obezbediti stanište korisnim organizmima [15]. Dodatno, prisustvo različitih funkcionalnih grupa na površini hidročađi, značajno povećava kapacitet katjonske izmene i kapacitet zadržavanja vode u zemljištu [2,15]. Kako hidročađ zadržava deo nutritivnih elemenata prisutnih u polaznoj sirovini,

povećanje kapaciteta katjonske izmene može obezbediti otpuštanje ovih elemenata i na taj način obogatiti zemljište. Osim toga, porozna struktura hidročađi obezbeđuje poboljšanje kapaciteta zadržavanja vode na oranicama, kao i poboljšanje kapaciteta zadržavanja nutrijenata, što u velikoj meri povećava snabdevanje biljke hranljivim materijama i smanjuje njihove gubitke tokom ispiranja [2,3]. Uz to, hidrofobnost kojom se odlikuje hidročađ, obezbeđuje njenu biološku stabilnost, tako da usled primene hidročađi na zemljište neće doći do njene degradacije i otpuštanja organskih materija u životnu sredinu. Sve ove karakteristike u velikoj meri doprinose poboljšanju kvaliteta zemljišta i povećavaju prinos poljoprivrednih kultura, a konverzija otpadne biomase HTC postupkom i primena hidročađi za poboljšavanje kvaliteta zemljišta obezbeđuje održivo upravljanje biomasom i zatvaranje životnog ciklusa proizvoda [2]. S obzirom da karakteristike i hemijski sastav hidročađi, pa samim tim i uticaj na oranice, u velikoj meri variraju u zavisnosti od polazne biomase i primenjenih HTC uslova neophodno je optimizovati HTC proces u pravcu dobijanja hidročađi sa ovim pozitivnim karakteristikama za primenu na poljoprivredno zemljište.

Dodatno, poslednjih godina je sve veći akcenat na primeni ugljeničnih materijala za uklanjanje organskih i neorganskih polutanata iz otpadnih voda, sa posebnim akcentom na upotrebu aktivnog uglja. Kako su za proizvodnju hidročađi potrebni blaži reakcioni uslovi, odsustvo

predtretmana sušenja, kraće vreme pripreme i manja količina biomase, naučna javnost se sve više okreće ka ispitivanju potencijalne primene hidročađi kao adsorbenasa različitih polutanata [3]. Iako dobijene hidročađi uglavnom poseduju manju aktivnu površinu i poroznost u poređenju sa aktivnim ugljevima, veći broj kiseoničnih funkcionalnih grupa na površini obezbeđuje potencijal ovim materijalima da efikasno uklanjaju polutante iz vodenih rastvora [14]. Do sada su hidročađi dobijene karbonizacijom različitih prekursora, poput komine grožđa, pirinčane komine, borovog drveta, ljeske kikirikija i dr., ispitane kao adsorbensi teških metala iz vodenih rastvora [16-19]. U cilju dodatnog poboljšanja kapaciteta uklanjanja teških metala iz vodenih rastvora, istraživači su do sada primenjivali nekoliko metoda modifikacije/aktivacije površine hidročađi. Istraživanja su pokazala da se hladnom modifikacijom primenom H_2O_2 ili KOH , adsorpcioni kapaciteti različitih hidročađi za uklanjanje teških metala (Cu^{2+} , Cd^{2+} , Pb^{2+}) u velikoj meri poboljšavaju kao posledica povećanja sadržaja funkcionalnih grupa na površini hidročađi [16-18]. U Tabeli 1 prikazani su pojedinačni rezultati uklanjanja teških metala primenom hidročađi od različitih otpadnih biomasa. Sumiranjem dosadašnjih rezultata se može zaključiti da je prilagođavanjem reakcionih parametara, omogućen je razvoj novih i efikasnih adsorbenasa hidročađina bazi otpadne biomase, dok se modifikacijama postiže višestruko poboljšanje adsorpcionih karakteristika.

Tabela 1. Pregled korišćenih hidročađi i adsorpcionih kapaciteta za pojedinačne jone metala

Hidročađ	Metal	Modifikacija	Adsorpcioni kapacitet (mg/g)	Ref.
Bor	Pb ²⁺	-	4,13	[19]
Komina pirinča			2,40	
<i>Panicum virgatum</i>	Cu ²⁺	KOH	31,0	[18]
	Cd ²⁺		34,0	
Ljuska kikirikija	Pb ²⁺	H ₂ O ₂	22,82	[17]
Komina grožđa	Pb ²⁺	KOH	137,0	[16]
Piljevina			40,78	
Pšenična slama	Cd ²⁺	KOH	38,75	[20]
Stabljika kukuruza			30,4	

Sa druge, strane procesna voda ima nekoliko funkcija tokom HTC procesa, poput medijuma prenosa toplote, rastvarača, ali i reaktanta i proizvoda [5]. Uglavnom se sastoji od različitih proizvoda degradacije šećera i lignina, poput organskih kiselina, furfurala i fenola, ali i dela azota, fosfora kao i mineralnih komponenti iz originalne biomase [3,5,8,11]. Pojedini istraživači ukazuju da se mnoge organske komponente prisutne u procesnoj vodi mogu posmatrati kao značajni prekursori za proizvodnju

biodizela ili bitnih hemikalija [5]. Dodatno, prisustvo nutritivnih elemenata obezbeđuje potencijalnu primenu procesne vode kao tečnog đubriva, ali da bi se obezbedila ovakva primena neophodno je detaljno ispitati sastav procene vode, kako bi se utvrdilo da ne sadrži nepoželjne proizvode. Pored toga, procesna voda se može reciklirati u narednom HTC procesu, i na taj način smanjiti količinu otpadnih procesnih voda, ali i smanjiti energiju neophodnu za zagrevanje reaktora [3].

Zaključak

Konverzija otpadne biomase postupkom hidrotermalne karbonizacije ima brojne prednosti poput minimalnog gubitak energije, odsustva sušenja biomase i zagađenja životne sredine. Ovim postupkom se od otpadne biomase dobijaju proizvodi visoke ekonomske, ekološke i društvene vrednosti. Razvoj ove tehnologije nudi revolucionarni pristup ublažavanja rastućih energetske potrebe i globalnih klimatskih promena, dok je prilagođavanjem reakcionih parametara, omogućen razvoj novih proizvoda.

Zahvalnica

Autori rada se ovom prilikom zahvaljuju Ministarstvu prosvete, nauke i tehnološkog razvoja R. Srbije, koje je svojim finansiranjem kroz projekat br. TR 31003 pomoglo ova istraživanja.

Reference

1. Kambo H.S., Dutta A., 2015. A comparative review of biochar and hydrochar in terms of production, physico-chemical properties and applications. *Renew. Sust. Energ. Rev.*, 45, 359-378.
2. Libra J., Ro K., Kamman C., Funke A., Berge N.D., Neubauer Y., Titirici M.M., Fuhner C., Bens O., Kern J., Emmerich K.H., 2011. Hydrothermal carbonization of biomass residuals: A comparative review of the chemistry, processes and applications of wet and dry pyrolysis. *Biofuels*, 2, 89-124.
3. Petrović J., 2017. Optimizacija procesa hidrotermalne karbonizacije komine grožđa i primena dobijene hidročadi, Doktorska disertacije, TMF Beograd
4. Pala M., Kantarli I.C., Buyukisik H.B., Yanik J. (2014) Hydrothermal carbonization and torrefaction of grape pomace: A comparative evaluation, *Bioresour. Technol.* 161, 255-262.
5. Funke A., Ziegler F., 2010. Hydrothermal carbonization of biomass: A summary and discussion of chemical mechanisms for process engineering. *Biofuels, Bioprod. Biorefin.*, 4, 160-177.
6. Robbiani Z., 2013. Hydrothermal carbonization of biowaste/fecal sludge; Conception and construction of a HTC prototype research unit for developing countries. Dept. Of Mechanical Engineering ETHZ, Swiss Federal Institute of Technology, Zurich.
7. Titirici M.M., Thomas A., Antonietti M., 2007. Back in the black: hydrothermal carbonization of plant material as an efficient chemical process to treat the CO₂ problem?. *New J. Chem.*, 31, 787-789.
8. Poerschmann J., Weiner B., Wedwitschka H., Zehnsdorf A., Koehler R., Kopinke F.D., 2015. Characterization of biochars and dissolved organic matter phases obtained upon hydrothermal carbonization of *Elodea nuttallii*. *Bioresour. Technol.*, 189, 145-153.
9. Kambo H.S., 2014. Energy Densification of Lignocellulosic Biomass via Hydrothermal Carbonization and Torrefaction. The University of Guelph, Ontario, Kanada.
10. Reza M.T., Becker W., Sachsenheimer K., Mumme J., 2014a. Hydrothermal carbonization (HTC): Near infrared spectroscopy and partial least-squares regression for determination of selective components in HTC solid and liquid products derived from maize silage. *Bioresour. Technol.*, 161, 91-101.
11. Petrović J., Perišić N., Dragišić Maksimović J., Maksimović V., Kragović M., Stojanović M., Laušević M., Mihajlović M., 2016a. Hydrothermal conversion of grape pomace: Detailed characterization of obtained hydrochar and liquid phase. *J. Anal. Appl. Pyrol.*, 118, 267-277.

12. Sevilla M., Fuertes A.B., 2009. The production of carbon materials by hydrothermal carbonization of cellulose. *Carbon*, 47, 2281-2289.
13. <http://www.ufz.de/iwas-sachsen/index.php?en=21852>, posećeno 12.06.2017.
14. Kambo H.S., Dutta A., 2015. A comparative review of biochar and hydrochar in terms of production, physico-chemical properties and applications. *Renew. Sust. Energ. Rev.*, 45, 359-378.
15. Child M., 2014. Industrial-scale hydrothermal carbonization of waste sludge materials for fuel production. Lappeenranta University of Technology, Finland.
16. Petrović J., Stojanović M., Milojković J., Petrović M., Šoštarić T., Laušević M., Mihajlović M., 2016b. Alkali modified hydrochar of grape pomace as a perspective adsorbent of Pb^{2+} from aqueous solution. *J. Environ. Manage.*, 182, 292-300.
17. Xue Y., Gao B., Yao Y., Inyang M., Zhang M., Zimmerman A.R., Ro K.S., 2012. Hydrogen peroxide modification enhances the ability of biochar (hydrochar) produced from hydrothermal carbonization of peanut hull to remove aqueous heavy metals: Batch and column tests. *Chem. Eng. J.*, 200, 673-680.
18. Regmi P., Moscoso J.L.G., Kumar S., Cao X., Mao J., Schafran G., 2012. Removal of copper and cadmium from aqueous solution using switchgrass biochar produced via hydrothermal carbonization process. *J. Environ. Manage.*, 109, 61-69.
19. Liu Z., Zhang F., 2009. Removal of lead from water using biochars prepared from hydrothermal liquefaction of biomass. *J. Hazard. Mater.*, 167, 933-939.
20. Sun K., Tang J., Gong Y., Zhang H., 2015. Characterization of potassium hydroxide (KOH) modified hydrochars from different feedstocks for enhanced removal of heavy metals from water. *Environ. Sci. Pollut. Res.*, 22, 16640-16651.

CLOSING THE LIFE CYCLE OF WASTE BIOMASS WITH HYDROTHERMAL CARBONIZATION

Jelena Petrović¹, Marija Mihajlović¹, Mirjana Stojanović¹, Marija Petrović¹, Marija Kojić¹,
Tatjana Šoštarić¹, Časlav Lačnjevac²

¹*Institute for Technology of Nuclear and Other Mineral Raw Materials, 86 Franchet
d'Esperey St., 11000 Belgrade, Serbia (j.petrovic@itnms.ac.rs)*

²*Faculty of Agriculture, University of Belgrade, Serbia*

Abstract

Waste lignocellulosic biomass has outstanding potential as a raw material for sustainable production of energy and other biomaterials. However, due to inferior physical and chemical properties in relation to coal, biomass is not an ideal raw material for industrial application, and its modification is necessary. Hydrothermal carbonization is a thermo-chemical process for the conversion of wet, waste biomass at elevated temperature and autogenous pressure into the hydrochar and process water. The obtained coal-like hydrochar, can be applied as a fossil coal substitute, for carbon sequestration, as an adsorbent for various pollutants, soil fertility, etc. On the other hand, process water, rich in dissolved organic matter, is a suitable substrate for synthesis of essential chemicals and the biogas production. This paper provides an insight into the basic reaction mechanisms, as the most important applications of the obtained products.

Key words: *Hydrothermal carbonization, biomass, hydrocarbon, solid biofuel*