

**NEW KNOWLEDGE ON THE APPLICATION OF ACTIVATED CARBONS  
PROVIDED FROM COTTON WASTE OF THE READY-TO-WEAR GARMENTS**

**Aleksandra Micic**

Faculty of Technology, Leskovac, Serbia, micic.aleksandra86@gmail.com

**Marija Kodric**

Faculty of Technology, Leskovac, Serbia, izida50@gmail.com

**Olivera Stanković**

Faculty of Technology, Leskovac, Serbia, oljastankovic@outlook.com

**Miodrag Smelcerovic**

Higher Technological and Artistic Professional School Leskovac, Serbia, msmelcerovic@yahoo.com

**Dragan Djordjevic**

Faculty of Technology, Leskovac, Serbia, drag\_64@yahoo.com

**Abstract:** Activated carbon and their use have been known to mankind for 3,500 years. Industrial production began during the First World War and was focused on water treatment, and today activated carbon are widely used in nanotechnology, electronics, metallurgy, electrochemistry, catalysis, etc. They are widely used in powder or granular form as the most efficient adsorbent for the removal of flavor, odor, dye, soluble organic matter, synthetic substances and heavy metals from the aqueous phase. The basic unit of activated carbon is microcrystalline, consisting of the level of connected six-membered carbon rings and many vacancies, defects and impurities between them. The functional groups of heteroatoms on the edges of the aromatic layers disturb the parallel orientation of the level inherent to the graphite and provide the so-called turbostratic structure, characteristic of activated carbon. The most common heteroatoms in the structure are hydrogen, oxygen, nitrogen, sulfur and phosphorus, and the functional groups they form, determine the reactivity in adsorption, catalytic and electrochemical processes. Activated carbons use the adsorption process to eliminate many undesirable substances, ranging from heavy metals, pesticides to different types of dyes. Adsorption in the broadest sense denotes a change in the concentration of some of the components at the boundary surface of the heterogeneous phase. The phase on the surface of which increases the concentration of some of the components, is called the adsorbent, and the adsorbed component is adsorbate. The first major challenge in the field of adsorption modeling is the choice of the most adsorbate and most adsorbent, mainly in terms of high capacity and adsorption speed, high selectivity and low cost. The next real challenge is to clearly identify the adsorption mechanism, in particular the interactions involved in the adsorbent/adsorbate interaction. Adsorption properties and balance data, known as adsorption isotherms, describe how the adsorbate reacts with the adsorbent and therefore are crucial for choice and wider application. This paper deals with adsorption of waste disperse dye from aqueous solution to activated carbon that is made from waste cotton textile from the ready-to-wear garments. This waste is a byproduct during the cutting and sewing process during the fabrication of cotton garments. The goal is to use this waste cotton material, to produce active coal from it and to use it to remove colored waste water after textile dyeing, i.e. removing disperse textile dye by adsorption on activated carbon. The obtained results showed the potential in the production of activated carbon which successfully removes the dispersed dye from the solution, e.g. from wastewater after textile dyeing.

**Keywords:** cotton, activated carbon, textile disperse color, adsorption.

**НОВИЈА САЗНАЊА О ПРИМЕНИ АКТИВНОГ УГЉА ДОБИЈЕНОГ ОД  
ПАМУЧНОГ ОТПАДА ИЗ ПОГОНА КОНФЕКЦИЈЕ**

**Александра Мичић**

Технолошки факултет, Лесковац, Србија, micic.aleksandra86@gmail.com

**Марија Кодрић**

Технолошки факултет, Лесковац, Србија, izida50@gmail.com

**Оливера Станковић**

Технолошки факултет, Лесковац, Србија, oljastankovic@outlook.com

**Миодраг Шмелцеровић**

Висока технолошко уметничка струковна школа Лесковац, Србија, msmelcerovic@yahoo.com

**Драган Ђорђевић**

Технолошки факултет, Лесковац, Србија, drag\_64@yahoo.com

**Резиме:** Активни угљеви и њихова употреба су познати човечанству већ 3.500 година. Индустијска производња је започела у време Првог светског рата и била је усмерена на пречишћавање воде, док данас активни угљеви налазе широку примену у нанотехнологији, електронској индустрији, металургији, електрохемији, катализи, итд. Налазе се у прашкастој или гранулисаној форми масовно користе као најефикаснији адсорбент за уклањање укуса, мириса, боје, растворних органских материја, синтетских супстанци и тешких метала из водене фазе. Основна јединица грађе активних угљева су микрокристали који се састоје из равни спојених шесточланих угљеничних прстенова и многих ваканција, дефеката и нечистоћа између њих. Функционалне групе хетероатома на ивицама ароматичних слојева нарушавају паралелну оријентацију равни својствену графиту и обезбеђују тзв. турбостратичну структуру, својствену активним угљевима. Најчешћи хетероатоми у структури су водоник, кисеоник, азот, сумпор и фосфор, а функционалне групе које они граде одређују реактивност у адсорпцијом, каталитичким и електрохемијским процесима. Активни угљеви користе процес адсорпције за елиминисање многих непожељних супстанци, почев од тешких метала, пестицида до различитих врста боја. Адсорпција у најширем смислу означава промену концентрације неке од компонената на граничној површини фаза хетерогеног система. Фаза на чијој површини долази до повећања концентрације неке од компонената, назива се адсорбент, а компонента која се адсорбује, адсорбат. Први већи изазов у области моделовања адсорпције је одабир врсте адсорбата и адсорбента који највише обећавају, углавном у смислу високог капацитета и брзине адсорпције, високе селективности и ниске цене. Следећи прави изазов је да се јасно идентификује механизам адсорпције, посебно интеракције које су укључене у међувези адсорбент/адсорбат. Својства адсорпције и подаци равнотеже, познате као адсорпционе изотерме, описују како адсорбат реагује са адсорбентом и самим тим су пресудни за избор и ширу примену. Рад се бави адсорпцијом отпадне дисперзне боје из воденог раствора на активни угаљ који је направљен од отпадног памучног текстила из погона конфекције. Овај отпад као нус продукт приликом процеса искројавања и шивења током конфекционирања памучних одевних предмета. Циљ је искористити тај отпадни памучни материјал, од њега произвести активни угаљ и користити га за уклањање обојености отпадне воде после бојења текстила, тј. уклањање дисперзне текстилне боје поступком адсорпције на активном угљу. Добијени резултати су показали потенцијал у производњи активног угља који успешно уклања дисперзну боју из раствора, нпр. из отпадне воде после бојења текстила.

**Кључне речи:** памук, активни угаљ, текстилна дисперзна боја, адсорпција.

## 1. УВОД

Поједине индустрије, попут текстилне, кожарске, индустрија папира и прехранбене, екстензивни су потрошачи боја. Међу њима текстилна индустрија је прва у коришћењу боја за бојење влакана. Боје могу изазвати опасност по животној околини због присуства великог броја контаминирајућих материја, као што су токсични органски остаци, киселине, базе и неорганске материје [1, 2].

Активни угљеви и њихова употреба су познати човечанству већ 3.500 година. Њихова индустријска производња је започета у време Првог светског рата и била је усмерена на пречишћавање воде, док данас активни угљеви налазе широку примену у нанотехнологији, електронској индустрији, металургији, електрохемији, катализи, итд. Активни угљеви се у прашкастој или гранулисаној форми масовно користе као најефикаснији адсорбент за уклањање укуса, мириса, боје, растворних органских материја, синтетских супстанци и тешких метала из водене фазе. Пораст њихове производње проистиче из све већих потреба савременог друштва за чистијом водом, храном и ваздухом. Основна јединица грађе активних угљева су микрокристали који се састоје из равни спојених шесточланих угљеничних прстенова и многих ваканција, дефеката и нечистоћа између њих. Функционалне групе хетероатома на ивицама ароматичних слојева нарушавају паралелну оријентацију равни својствену графиту и обезбеђују тзв. турбостратичну структуру, својствену активним угљевима. Најчешћи хетероатоми у структури су водоник, кисеоник, азот, сумпор и

фосфор, а функционалне групе које они граде одређују реактивност у адсорпционим, каталитичким и електрохемијским процесима [3-5].

Активни угљеви користе процес адсорпције за елиминисање многих непожељних супстанци, почев од тешких метала, пестицида до различитих врста боја. Адсорпција у најширем смислу означава промену концентрације неке од компонената на граничној површини фаза хетерогеног система. Фаза на чијој површини долази до повећања концентрације неке од компонената, назива се адсорбент, а компонента која се адсорбује, адсорбат [6].

Први већи изазов у области моделовања адсорпције је одабир врсте адсорбата и адсорбента који највише обећавају, углавном у смислу високог капацитета и брзине адсорпције, високе селективности и ниске цене. Следећи прави изазов је да се јасно идентификује механизам адсорпције, посебно интеракције које су укључене у међувези адсорбент/адсорбат. Својства адсорпције и подаци равнотеже, познате као адсорпционе изотерме, описују како адсорбат реагује са адсорбентом и самим тим су пресудни за избор и ширу примену. Прецизан математички опис равнотежне адсорпције је незаменљив за тачно предвиђање адсорпционих параметара и квантитативног поређења адсорпционог понашања за различите учеснике (или за различите експерименталне услове) у оквиру било ког од понуђених система [7].

Овај рад се бави адсорпцијом отпадне дисперзне боје из воденог раствора на активни угаљ који је направљен од отпадног памучног текстила из погона конфекције. Овај отпад као нус продукт приликом процеса искројавања и шивења током конфекционирања памучних одевних предмета. Циљ је искористити тај отпадни памучни материјал, од њега произвести активни угаљ и користити га за уклањање обојености отпадне воде после бојења текстила, тј. уклањање дисперзне текстилне боје поступком адсорпције на активном угљу.

## 2. ЕКСПЕРИМЕНТАЛНИ ДЕО

### 2.1. Материјал

Као адсорбент коришћен је активни угаљ добијен хемијском и физичком модификацијом отпадних памучних плетених материјала из погона конфекције. После сакупљања отпадног материјала, вршено је прање у топлој дестилованој води (40°C), сушење и подвргавање третирању концентрованој сумпорној киселином (1 г отпадног памука : 6 г H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) у току 48 сати на собној температури. Узорци су затим подвргнути загревању на 200°C у току 2 сата. Следило је испирање дестилованом водом и неутрализација до рН = 7 (помоћу натријум бикарбоната). После сушења, вршено је млевење добијених остатака (активни угаљ) па затим просејавање до величине честице од око 0,3 мм. Тако припремљени активни угаљ (АУ) је коришћен у експерименту.

### 2.2. Поступак адсорпције

Тест адсорпције изведен је у стакленим ерленмајерима у којима је суспендован адсорбент (активни угаљ) у раствору дисперзне боје-адсорбат. Ерленмајери су постављани на шејкеру са 130 о/мин на температури од 20°C и држани одређено време. Количина АУ износила је 1 г, док је раствор у константној количини од 100 мл, садржавао боје концентрација, 20, 40, 60, 80 и 100 мг/дм<sup>3</sup>. Време обраде, уз непрекидно мешање, износило је 5, 10, 15, 20 и 30 мин. Експерименти су спроведени при рН 3.

Поменуте концентрације боја су узете с разлогом јер углавном одговарају заосталим количинама боја у раствору после бојења текстила. Практично у експерименту су коришћене одговарајуће концентрације чистих боја без додатака које се обично користе при бојењу. Утврђено је да је равнотежно време адсорпције боја на АУ постигнуто за 30 мин, са продужењем времена третирања није се битније мењала адсорпција.

По завршетку адсорпције раствори боја и АУ су пропуштени кроз филтер папир. Следило је одређивање апсорпције раствора на спектрофотометру УВ-ВИС спектрофотометар (*Cary 100 Conc UV-VIS, Varian*) на 490 нм (максимум таласне дужине спектра раствора боје).

Коришћени АУ је релативно фино расути материјал са хетерогеним порозним честицама, разуђеног облика и форме, генерално, испод 300 μм величине.

Степен уклањања боје (%) је израчунат на основу концентрације боје пре и после третирања:

$$R = \frac{C_0 - C_t}{C_0} \cdot 100 \quad (1)$$

где су  $C_0$  и  $C_t$  почетна и концентрација раствора боје у времену  $t$  (мг/дм<sup>3</sup>), респективно.

Количина адсорбоване боје (адсорбата) по јединици масе активног угља (адсорбента),  $q_t$  (мг/г) се израчунава:

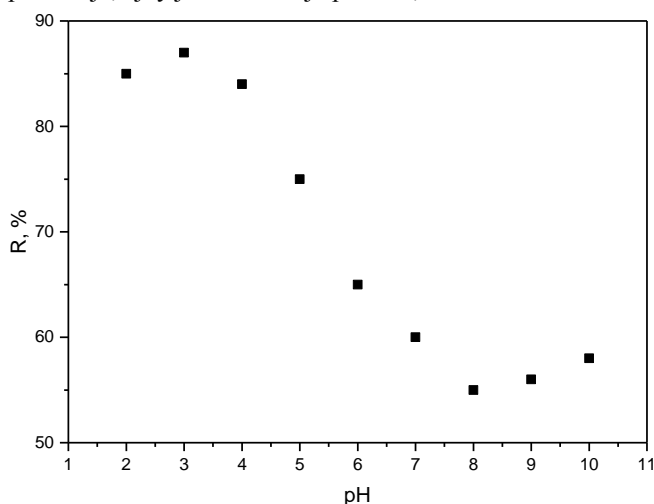
$$q_t = \frac{(C_0 - C_t) \cdot V}{M} \quad (2)$$

у којој су:  $M$ , г - маса адсорбента;  $V$ , дм<sup>3</sup> - запремина раствора из којег је вршена адсорпција.

### 3. РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЈА

#### 3.1. Утицај рН раствора

Познато је да површина АУ задобија позитивно наелектрисање абсорбујући јон водоника (H<sup>+</sup>) после потапања у воду. У случају ниског рН и повећања концентрације H<sup>+</sup> јона у систему, површина угља интензивно задобија позитивно наелектрисање [6]. У конкретном случају максимум адсорпције се јављају при рН 3 за растворе дисперзне боје, тј. у јако киселој средини, сл. 1.



Слика 1. Утицај рН на уклањање боје из раствора адсорпцијом на АУ (време адсорпције 30 мин, конц. боје 20 мг/дм<sup>3</sup>)

Иначе, повећање или опадање процента уклањања боје у зависности од рН раствора треба посматрати у светлу промена у структури боје, као и стања у површинском слоју АУ. Како у киселим условима доминира позитиван набој на површини адсорбента-угља, постоји значајно висока електростатичка привлачност између позитивно наелектрисане површине адсорбента и ањона дисперзне боје. Ова интеракција повећава вероватноћу стабилне адсорпције боје на површину адсорбента [7].

Генерално, веома мале разлике у адсорпцији боје у функцији рН раствора, указују да везивање боје за АУ зависи од својства површине адсорбента и структуре боје, односно, АУ адсорбује молекуле боје углавном везама физичког карактера, практично без постојања правих хемијских веза, па се сходно томе може рећи да адсорпција не зависи битније од рН средине.

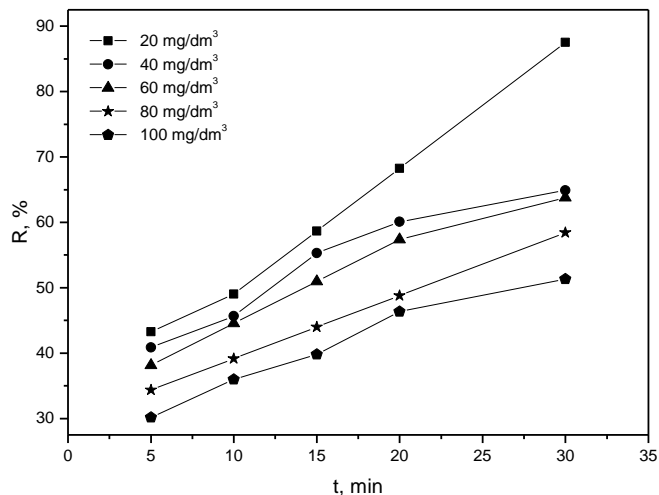
#### 3.2. Утицај времена контакта и почетне концентрације боје

Утицај дужине контакта на адсорпцију, тј. промена адсорбоване количине адсорбата на адсорбенту у току времена за различите почетне концентрације дисперзне боје, приказан је дијаграмом на слици 2.

На основу резултата са поменутог дијаграма може се потврдити чињеница да у току времена расте количина боје адсорбоване на АУ, тј. да са трајањем процеса адсорпције опада концентрација боје у раствору.

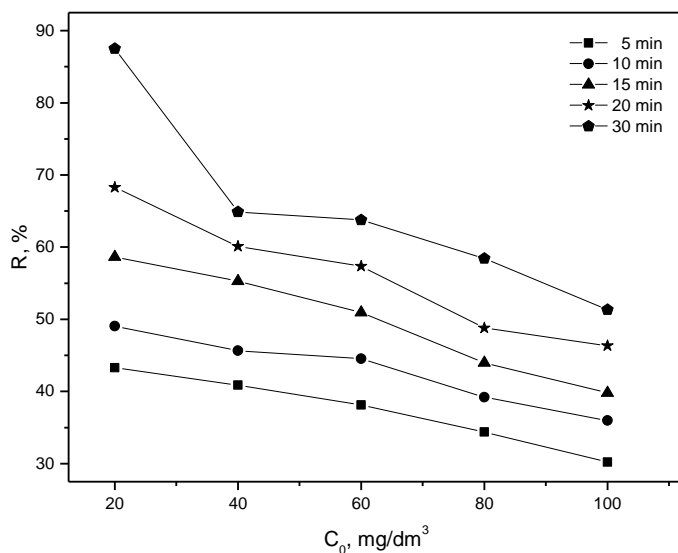
Присутан је континуитет у променама у току времена, тј. дуже време носи већу количину адсорбоване боје по једини масе адсорбента. Такође, при највећим примењеним концентрацијама боје, дешава се и највећа адсорпција, што је и очекивано. Код нижих концентрација јавља се већи проценат уклоњене боје. С друге стране, посматрајући генерално параметре-процент адсорбоване боје као и концентрацију боје, ипак је реално већа количина боје адсорбована за АУ код највеће почетне концентрације.

Линеарни делови криве одражавају дифузију у површинском слоју док делови платоа на кривој одговарају дифузији у порама.



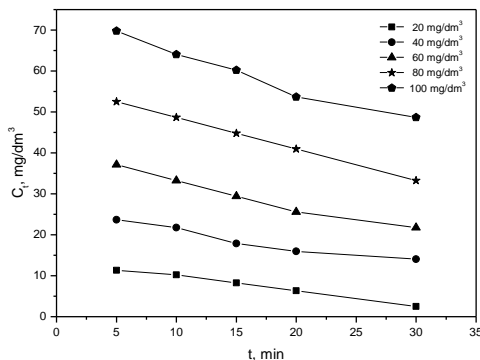
Слика 2. Утицај времена адсорпције на количину уклоњене дисперзне боје

Слика 3 приказује утицај почетне концентрације боје у раствору на количину уклоњене боје, тј. количину боје адсорбоване активним угљем у току времена. Дуже време обраде узрокује очекивану већу количину адсорбоване боје. Виша почетна концентрација боје обезбеђује важну погонску силу за превазилажење свих отпора преносу масе боје између водене и чврсте фазе чиме се повећава упијање. Поред тога, повећање почетне концентрације боје повећава број судара између ањона боје и адсорбента што појачава процес адсорпције. Дакле, повећање концентрације боје убрзава дифузију боје из раствора на адсорбент због повећања покретачке снаге концентрационог градијента.

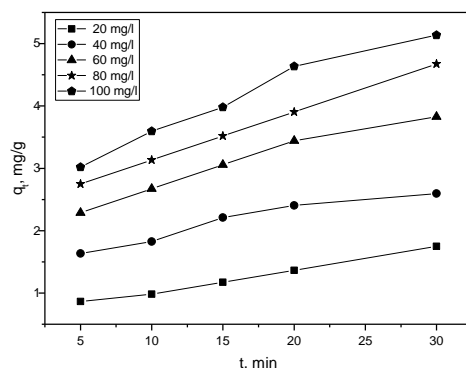


Слика 3. Утицај почетне концентрације боје у раствору на количину уклоњене дисперзне боје

Слика 4 даје зависности почетне концентрације боје у раствору од времена трајања процеса адсорпције на АУ. Приметно је да се у свим случајевима са трајањем процеса смањује концентрација боје у раствору, што је очекивано, и то нешто интензивније код виших почетних концентрација боја. Такође, количине боје које заостану после времена од 30 мин (равнотежно време) су веће код виших почетних концентрација.



**Слика 4. Промена количине дисперзне боје у раствору у току адсорпције на активном угљу**  
Резултати промене адсорбоване количине адсорбата на адсорбенту у току времена, за различите почетне концентрације обе боје и различите количине АУ, приказани су дијаграмом на слици 5. Присутан је континуитет промена у току времена, тј. дуже време носи нешто већу количину адсорбоване боје по једини масе адсорбента. Такође, при највећим почетним концентрацијама боје дешава се и највећа адсорпција.



**Слика 5. Адсорбована количина адсорбата за адсорбент у току времена за различите почетне концентрације**

#### 4. ЗАКЉУЧАК

Уклањање дисперзне боје уз помоћ АУ испитивано је под различитим условима. Утврђено је да адсорпција зависи од рН раствора, времена контактирања и почетне концентрације боје.

На основу добијених резултата, може се рећи да је АУ добијен од памучног отпада пореклом из погона конфекције ефикасан адсорбент за уклањање дисперзне боје из водених раствора са оправданом тенденцијом примене и у индустријским условима. Карактеризацијом осталих, сличних по природи, чврстих отпадних материјала, може помоћи у расветљавању интеракција адсорбат-адсорбент, чиме се долази до оптимизације и веће ефикасности процеса адсорпције, као еколошки веома прихватљивог поступка.

На основу добијених експерименталних резултата могу се донети следећи закључци: разлике у адсорпцији боје у функцији рН раствора указују да овај параметар од битнијег значаја за адсорпцију примењене боје; дуже време контакта значи и веће количине боје на АУ, тј. са трајањем процеса адсорпције опада концентрација боје у раствору; проценат уклоњене боје се смањује са повећањем почетне концентрације боје у раствору, али стварна количина адсорбоване боје расте повећањем концентрације боје.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1] Н. Jiang, L. Zhang, J. Cai, J. Ren, Z. Cui, W. Chen, Quinoidal bithiophene as disperse dye: Substituent effect on dyeing performance, *Dyes and Pigments*, vol.151, pp. 363-371, 2018.
- [2] Т.В. Shah, R.S. Shiny, R.B. Dixit, B.C. Dixit, Synthesis and dyeing properties of new disazo disperse dyes for polyester and nylon fabrics, *Journal of Saudi Chemical Society*, vol. 18, pp. 985–992, 2014.

- [3] A.A. Pelaez-Cid, A.M. Herrera-Gonzalez, M. Salazar-Villanueva, A. Bautista-Hernández, Elimination of textile dyes using activated carbons prepared from vegetable residues and their characterization, *Journal of Environmental Management*, vol. 181, pp. 269-278, 2016.
- [4] F.B. Daoud, S. Kaddour, T. Sadoun, Adsorption of cellulase *Aspergillus niger* on a commercial activated carbon: Kinetics and equilibrium studies. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, vol. 75, pp. 93-99, 2010.
- [5] J. Saini, V.K. Garg, R.K. Gupta, N. Kataria, Removal of Orange G and Rhodamine B dyes from aqueous system using hydrothermally synthesized zinc oxide loaded activated carbon (ZnO-AC). *Journal of Environmental Chemical Engineering*, vol. 5, pp. 884-892, 2017.
- [6] A. Asfaram, M. Ghaedi, S. Hajati, A. Goudarzi, E.A. Dil, Screening and optimization of highly effective ultrasound-assisted simultaneous adsorption of cationic dyes onto Mn-doped Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>-nanoparticle-loaded activated carbon. *Ultrasonics Sonochemistry*, vol. 34, pp. 1-12, 2017.
- [7] N.K.Amin, Removal of reactive dye from aqueous solutions by adsorption onto activated carbons prepared from sugarcane bagasse pith, *Desalination*, vol. 223, pp. 152-161, 2008.

